

संयुक्त राष्ट्राची शिक्षा, विज्ञान आणि संस्कृती संस्था (Unesco) पॅरिसच्या अनुमतीने

युनेस्को - विज्ञान घरातलं, विज्ञान शाळेतलं

**UNESCO Source Book for
Science Teaching चा मराठी अनुवाद**

अनुवादक

भास्कर धोंडो केशव कर्वे

बी. एस्सी., बी.टी., एम. एड. (लीड्स)

माजी प्रिन्सिपल, पार्वतीबाई अध्यापिका शाळा, हिंगणे, पुणे-४११०४

आणि

केशव रामचंद्र पालकर

बी. एस्सी., बी. टी., डी. पी. एड., डी. बी. एड.

माजी प्रिन्सिपल, पार्वतीबाई अध्यापिका शाळा, हिंगणे, पुणे-४११००४

अनुक्रमणिका

	प्रस्तावना	पाच
१.	प्राथमिक सामान्यविज्ञानाच्या अध्यापनाबद्दल काही सूचना	१
२.	नेहमी लागणारे साहित्य कसे तयार करावे	१७
३.	वनस्पतींच्या अभ्यासाकरिता प्रयोग व साहित्य	२६
४.	प्राण्यांच्या अभ्यासाकरिता प्रयोग व साहित्य	४१
५.	खडक, माती, खनिजे व निखातके यांच्या अभ्यासाकरिता लागणारे साहित्य व प्रयोग	४९
६.	खगोलशास्त्राकरिता प्रयोग व साहित्य	५६
७.	हवा आणि तिचा दाब यांसंबंधीचे प्रयोग व साहित्य	६६
८.	हवामानाच्या अभ्यासाकरिता प्रयोग व साहित्य	८२
९.	पाण्याच्या अभ्यासाकरिता प्रयोग व साहित्य	९२
१०.	यंत्रांच्या अभ्यासाकरिता प्रयोग व साहित्य	१०७
११.	जोर (फोर्स) आणि जडत्व (इनर्शिया) यांच्या अभ्यासाकरिता प्रयोग व साहित्य	११५
१२.	ध्वनिशास्त्राच्या अभ्यासाकरिता प्रयोग व साहित्य	१२२
१३.	उष्णतेच्या अभ्यासाकरिता प्रयोग व साहित्य	१३२
१४.	चुंबकत्वाच्या अभ्यासाकरिता प्रयोग व साहित्य	१४५
१५.	विद्युतच्या अभ्यासाकरिता प्रयोग व साहित्य	१५३
		तीन ■
१६.	प्रकाशाच्या अभ्यासाकरिता प्रयोग व साहित्य	१८१
१७.	शरीर- रचनेच्या अभ्यासाकरिता प्रयोग व साहित्य	१९६
१८.	शिक्षकांकरिता काही उपयुक्त माहिती	२०२
	परिशिष्ट अ- वजने व मापे	२१४
	परिशिष्ट आ- तारे आणि ग्रह	२१७
	परिशिष्ट इ- मूलद्रव्ये	२२०
	परिशिष्ट ई- खडक आणि खनिजे	२२२
	परिशिष्ट उ- पदार्थाची घनता	२२४
	परिशिष्ट ऊ- उष्णतेचे नित्यांक	२२५
	परिशिष्ट ए- सापेक्ष आर्द्रता	२२७
	परिशिष्ट ऐ- ग्रीक मुळाक्षरे	२२८

प्रस्तावना

शास्त्राचे अध्यापन परिणामकारक होण्याकरिता विविध प्रकारचे साहित्य वापरून अनेक प्रयोग करून दाखवावे लागतात. त्यामुळे जगातील सर्व प्रकारच्या शाळांच्या अभ्यासक्रमात शास्त्र विषयाला एक विशेष स्थान प्राप्त झाले आहे. पेन्सिल, कागद, फळा, क्रमिक पुस्तके व काही पूरक साहित्य वापरून इतर विषयांचे ज्ञान मिळविता येते. शास्त्र-शिक्षणाकरिता सदर साहित्याची जरूरी आहेच; परंतु तेवढ्यावरच भागवल्यास शास्त्र हा विषय कंटाळवाणा व नीरस वाटतो.

शास्त्राचा प्रत्यक्ष अनुभव आला म्हणजे त्याचे शिक्षण परिणामकारक होते. शास्त्राची नुसती माहिती मिळवून भागत नाही. ते प्रत्यक्षच शिकले पाहिजे. केवळ क्रमिक पुस्तके वाचून किंवा व्याख्याने ऐकून शास्त्राचा अभ्यास होणार नाही. प्रत्येक मुलाच्या व मुलीच्या जीवनाशी निगडित असा हा विषय आहे. प्रत्येकाच्या सभोवतालच्या वातावरणाशी शास्त्राचा अगदी निकटचा संबंध आहे. त्यामध्ये सजीव प्राणी, पृथ्वी व आकाश, हवा व पाणी, उष्णता व प्रकाश आणि गुरुत्वाकर्षण इत्यादी अनेक गोष्टींचा समावेश होतो. शास्त्राभ्यासाकरिता शिक्षकाच्या हाताशी प्रत्यक्ष साहित्य असले पाहिजे.

शास्त्राच्या चांगल्या अध्यापनाची उभारणी निरीक्षण आणि प्रयोग यांवरच होते. त्यांची जागा दुसऱ्या कशाने भरून निघणार नाही. अशा प्रयोगाकरिता व बारकाईने अवलोकन करण्यास शिकण्याकरिता काही विशेष गोष्टी उपलब्ध असाव्या लागतात, त्या जगातील अनेक ठिकाणच्या प्राथमिक व दुय्यम शाळांमध्ये मिळतील असे नाही. त्यामुळे शास्त्राचे अध्यापन पाहिजे तसे होत नाही. अर्थात प्राथमिक शाळेतसुद्धा शास्त्राचे प्रायोगिक पद्धतीने शिक्षण देण्याकरिता मोठ्या कारखान्यांत बनविलेल्या उत्तम उपकरणांचीच जरूरी असते असे नाही. अशा प्रकारची उपकरणे फार महाग असतात. प्रत्येक शाळेला ती विकत घेणे परवडत नाही. एक तर ती जवळपास तयार होत नाहीत व महाग असल्यामुळे परंप्रांतांतून अगर परदेशांतून मागविणे शक्य होत नाही.

दुसरे महायुद्ध समाप्त झाले, तेव्हा अनेक देशांतील शाळा नष्ट झाल्या होत्या. या शाळांचे पुनरुज्जीवन होऊ लागले, तेव्हा शास्त्रीय उपकरणांची फार उणीव भासू लागली. कारण शास्त्राचे शिक्षण हे निरीक्षण आणि प्रयोग यांवर आधारित असले पाहिजे, अशी या शाळा-चालकांची श्रद्धा होती. ही उणीव नाहीशी करण्याकरिता 'उद्ध्वस्त देशांतील शास्त्राच्या अध्यापकांकरिता सूचना' (Suggestions for science Teacher in Devastated Countries) हे पुस्तक प्रकाशित

करण्यात युनेस्कोने पुढाकार घेतला. हे पुस्तक श्री. जे. पी. स्टीफन्सन यांनी लिहिले. ते लंडन शहरातील एका शाळेत शास्त्र-शिक्षक असून इंग्लंडमधील 'रॉयल सोसायटी कमिटी फॉर को-ऑपरेशन विथ युनेस्को' या समितीचे सभासद होते. युद्धामुळे उद्ध्वस्त झालेल्या भागांतील शाळांना या पुस्तकाचा फारच उपयोग झाला. शिवाय ज्या शाळांत शास्त्रीय साधनांचा अभाव होता, तेथेही या पुस्तकाची उपयुक्तता चांगली पटली. सदर पुस्तकात अगदी साध्या वस्तूपासून शास्त्रीय उपकरणे कशी तयार करता येतील याची माहिती दिली आहे. त्यामुळे ज्या शिक्षकांना अगदी प्राथमिक शाळेतही प्रायोगिक ज्ञानाची जरूरी आहे हे तत्त्व पटले होते, त्यांनाही या पुस्तकामुळे चांगले मार्गदर्शन होऊ लागले. त्यामुळे या पुस्तकाच्या अनेक आवृत्ती निघाल्या. शिवाय फ्रेंच, स्पॅनिश, चिनी, थाय व अरेबिक इत्यादी भाषांमध्ये सदर पुस्तकाची भाषांतरे होऊन ती प्रकाशित झाली.

वरील पुस्तकाचा उपयोग करून त्यातील माहितीचा प्रत्यक्ष अवलंब करून पाहण्याकरिता शास्त्र विषयाचे तज्ज्ञ शिक्षक युनेस्कोने वेगवेगळ्या ठिकाणी - विशेषतः ज्या ठिकाणी साध्या शास्त्रीय उपकरणांची खूपच उणीव होती तेथे पाठविले. अशा ठिकाणी स्टीफन्सनच्या पुस्तकात दिलेल्या साहित्याचा उपयोग करून अगदी साधी उपकरणे तयार करता आली व त्यांच्या साहाय्याने अनेक प्रयोग करून पाहण्याची त्यांना संधी मिळाली. परंतु स्टीफन्सनचे पुस्तक हे उष्ण कटिबंधांतील शाळांकरिता लिहिलेले नसल्यामुळे आणखी पुढे जाऊन तेथील परिस्थितीला अनुरूप असे साहित्य व प्रयोग योजण्याचा त्यांनी प्रयत्न केला.

ह्या शिक्षणतज्ज्ञांनी केलेले कार्य व स्टीफन्सनचे पुस्तक यांचा समन्वय करून सोप्या प्रयोगांचे एक नवीन पुस्तक तयार करण्याची आवश्यकता निर्माण झाली. तीमुळे 'युनेस्को सोर्स बुक फॉर सायन्स टीचिंग' (Unesco source Book for Science Teaching) हे पुस्तक तयार करण्यास चालना मिळाली. या पुस्तकातील साहित्य कुठून कुठून जमा झालेले आहे, त्याची यादी पुढील पानावर दिली आहे.

आधुनिक शिक्षणपद्धतीमध्ये शास्त्रीय प्रश्न आणि कोणताही प्रश्न शास्त्रीय पद्धतीनेच हाताळण्याचे महत्त्व जाणून, शास्त्र-शिक्षकांना प्रस्तुत पुस्तकाचा चांगला उपयोग होईल, असे वाटल्याने युनेस्कोने हे पुस्तक प्रसिद्ध केले आहे. त्यात शिक्षक आणि विद्यार्थी यांनी गटागटाने किंवा वैयक्तिकरित्या शास्त्रीय प्रश्न उकलण्याचे कौशल्य प्रयत्नपूर्वक हस्तगत केले पाहिजे, हीच दृष्टी ठेवली आहे. भोवताली आढळणाऱ्या साध्या वस्तूंचा उपयोग करून अगदी साधी शास्त्रीय उपकरणे व त्यांचे सुटे भाग कसे तयार करता येतील ह्या विचाराला शास्त्राच्या अभ्यासात महत्त्वाचे स्थान आहे. म्हणूनच सामान्यतः कोणत्याही प्रदेशात आढळणाऱ्या वस्तूंचा उपयोग करून साधे साहित्य कसे तयार होऊ शकेल याची माहिती या पुस्तकात दिली आहे. त्याबरोबरच अनेक शास्त्रीय प्रयोगांचाही समावेश यामध्ये केला आहे. त्यापैकी योग्य अशा प्रयोगांची निवड करून शास्त्रांचे शिक्षण जास्तीत जास्त परिणामकारक कसे करता येईल ते पहावे.

केवळ कशीतरी गरज भागविण्याच्या दृष्टीने साध्या उपकरणाचा वापर होऊ नये. साहित्याचा साधेपणा चांगल्या पूर्वपरंपरेला धरूनच आहे. शास्त्रीय प्रश्नांची उकल करताना वेगवेगळे प्रयोग करून पहावे व त्याकरिता लागणारी उपकरणे मिळेल त्या साध्या साहित्यापासून तयार करावी, अशीच पूर्वी होऊन गेलेल्या थोर शास्त्रज्ञांची दृष्टी होती. पुरातन काळी त्यांनी अशाच प्रकारची उपकरणे वापरून अनेक महत्त्वाचे शोध लावलेले आहेत.

हे पुस्तक सर्व परिपूर्ण आहे असे नाही. पुस्तकासाठी वेगवेगळ्या प्रकारचे साहित्य एवढ्या प्रमाणात उपलब्ध झाले की, त्यातून निवड करून कशाचा समावेश करावा हे ठरविणे कठीण होऊन बसले. परंतु या पुस्तकामुळे मार्गदर्शन मिळून शिक्षकांना आणि विद्यार्थ्यांना शास्त्रीय प्रश्न समजावून घेऊन त्याकरिता लागणारी उपकरणे भोवताली सापडणाऱ्या वस्तूपासूनच तयार करण्यास प्रोत्साहन मिळेल अशी आशा आहे.

पुस्तकाचे भाषांतर शक्य तितके मुळाला धरून आहे. शिवाय मूळ पुस्तकातील आकृत्या जशाच्या तशाच वापरल्या आहेत. त्यामुळे काही ठिकाणी प्रयोगात वापरलेले काही साहित्य आपल्याकडे सहज मिळणार नाही. अशा वेळी त्याऐवजी इकडे उपलब्ध होणाऱ्या वस्तू वापरल्या पाहिजेत, म्हणून पुस्तकाचा उपयोग करते वेळी शिक्षकांनी साहित्याची निवड विचारपूर्वक करावी, अशी सूचना आहे. शास्त्राशिक्षकांसाठी सदर पुस्तकाचा उपयोग केल्यानंतर त्यासंबंधीच्या सूचना जरूर कळवाव्या, अशी आग्रहाची विनंती आहे.

■ सहा

आभार

शास्त्र विश्वव्यापी आहे. त्याला मर्यादा नाहीत. वेगवेगळ्या देशांतील कार्यकर्त्यांनी सृष्टीतील अज्ञात गोष्टींचे संशोधन नेटाने करून शास्त्रीय ज्ञानाचे भांडार साठविले आहे. तेव्हा अनेक देशांतील अनुभवी शास्त्र-शिक्षकांनी प्रयोग करून उपलब्ध झालेल्या शास्त्रीय माहितीचा संग्रह म्हणजेच हे पुस्तक असे म्हटले तर वावगे होणार नाही. एकमेकांच्या अनुभवांची देवघेव केल्यानेच शास्त्राचे अध्यापन सुधारून त्याची प्रगती होत राहिल.

हे पुस्तक तयार करण्यास ज्या अनेकांची मदत झाली त्याचा सविस्तर उल्लेख करणे अशक्यच आहे. भूतकाळामध्ये शास्त्र-शिक्षकांनी केलेल्या अविरत प्रयत्नांचे फळ सामायिक वारसा म्हणून आज आपणास उपलब्ध झालेले आहे. प्रत्यक्ष या पुस्तकाच्या बाबतीत लंडन येथील शाळेतील प्राध्यापक जे. पी. स्टीफन्सन व त्यांचे सहकारी यांच्या ऋणांचा निर्देश प्रामुख्याने करावा लागेल. त्यांनी लिहिलेले व युनेस्कोने प्रकाशित केलेले 'उद्ध्वस्त देशांतील शास्त्राच्या अध्यापनाकरिता सूचना' (Suggestions for Science Teachers in Devastated Countries) हे पुस्तक म्हणजे शास्त्र-शिक्षणाच्या साहित्यातील एक आदर्श ग्रंथ मानला जातो. या पुस्तकाच्या आधारानेच प्रस्तुत पुस्तक निर्माण झाले आहे.

याशिवाय पुढील मंडळींचे ऋण नमूद केले पाहिजे. मेरीलँड विद्यापीठाचे डॉ. ग्लेन ब्लफ व वॉशिंग्टन येथील शिक्षण खात्यातील डॉ. पॉल ब्लेकवुड यांनी मिळून प्राथमिक विज्ञान-शिक्षणासंबंधी लिहिलेल्या दोन पुस्तकांतील काही भाग उपयोगात आणण्यास परवानगी दिली. संयुक्त संस्थानांतील राष्ट्रीय शास्त्र-शिक्षकांच्या संघाचे चिटणीस श्री. रॉबर्ट कार्ल्टन आणि टीचर्स कॉलेजचे श्री. गाय ब्रूस यांनी तयार केलेल्या 'आजचे शास्त्र-शिक्षण' या शास्त्रीय मालेतील भाग वापरण्यास परवानगी दिली. तसेच न्यूयॉर्क येथील सरकारी शिक्षण खात्याने प्रकाशित केलेल्या 'जनरल सायन्स हँडबुक, भाग १ व २' या पुस्तकांचाही चांगला उपयोग झाला.

'युनेस्को सोर्स बुक फॉर सायन्स टीचिंग' या पुस्तकाची पहिली आवृत्ती १९५६ च्या डिसेंबरमध्ये प्रसिद्ध झाल्यानंतर त्यासंबंधी अनेक उपयुक्त सूचना आल्या व जगभर निरनिराळ्या नियतकालिकांतून अभिप्राय प्रसिद्ध झाले. त्यामुळे पुस्तकाच्या प्रत्येक पुनर्मुद्रणाच्या वेळी किरकोळ फेरफार करण्यात आले. आतापर्यंत इंग्लिशमध्ये पहिली आवृत्ती ११ वेळा छापण्यात आली व फ्रेंचमध्ये चार पुनर्मुद्रणे झाली असून इतर सात भाषांत भाषांतरे प्रसिद्ध झाली आहेत. आणखी चौदा भाषांत अनुवाद होत आहेत.

सात ■

पुस्तकासंबंधी उपयुक्त सूचना देणारांमध्ये पुढील मंडळी प्रमुख आहेत.

डॉ. एफ. जे. ओल्सेन, डिपार्टमेंट ऑफ एज्युकेशन, युनिव्हर्सिटी ऑफ क्विन्सलँड, ऑस्ट्रेलिया व ऑस्ट्रेलियन सायन्स टीचर्स असोसिएशनचे माजी अध्यक्ष; युनिव्हर्सिटी ऑफ लंडन इन्स्टिट्यूट ऑफ एज्युकेशनचे डॉ. डब्ल्यू. लोवार्क व पूर्वी फिलिपाइन्समध्ये युनेस्कोतर्फे गेलेल्या एक तज्ज्ञ शास्त्र-अध्यापिका डॉ. व्हिडा रिसबर्ग.

हे पुस्तक मराठीत उपलब्ध झाल्याने प्राथमिक व दुय्यम शाळांतील शिक्षकांच्या पुस्तकसंग्रहात उपयुक्त भर पडेल, असा आम्हाला भरवसा वाटतो. आज शिक्षणक्षेत्रात शास्त्रीय विषयाच्या अभ्यासाला फार महत्त्व येणार आहे. त्यायोगे देशाच्या विकासाला मोठी मदत होणार आहे. अशा वेळी हे पुस्तक मराठीत भाषांतरित करण्याची आम्हाला संधी मिळाली ही आनंदाची गोष्ट होय. या भाषांतराच्या कामात पुण्याचे शास्त्रीय उपकरणे तयार करणारे आद्य अध्यापक व शास्त्रजिज्ञासू प्रा. ना. म. आठवले यांचे चांगले मार्गदर्शन झाले. आम्ही त्यांचे सदैव ऋणी आहोत. याशिवाय अनेकांची अनेकपरीने मदत झालेली आहे. त्याबद्दल त्यांचेही आम्ही फार आभारी आहोत.

■ आठ

पुस्तकाचे हेतू

शास्त्राच्या अध्यापनाकरिता लागणाऱ्या सोयी आणि साधने पुरेशी नसलेले अनेक देश अद्याप जगात आहेत. पुढारलेल्या देशांतही ही उणीव आहे. मागास देशांत तर बरीच आहे. ही परिस्थिती सुधारण्यासाठी निरीक्षण व प्रयोग यांवर अधिकाधिक भर देऊन शाळांमधील व अध्यापक शाळांमधील शास्त्रशिक्षणाचा दर्जा वाढविण्यास उपयोगी पडावे, या हेतूने हे पुस्तक लिहिले आहे.

हे पुस्तक लिहिण्याचे मूलभूत हेतू थोडक्यात खालीलप्रमाणे आहेत :-

- १) अध्यापक संस्थांमधील शास्त्राचे अध्यापन चांगले व्हावे याकरिता अधिक परिणामकारक अशी बैठक तयार करणे.
- २) प्राथमिक व दुय्यम शाळांतील शास्त्रशिक्षकांकरिता उपयुक्त अशी प्रयोगरूप माहिती व साधने उपलब्ध करून देणे.
- ३) कृतिशिविरांकरिता (वर्क शॉप्स) व शिक्षकांसाठी योजलेल्या व्यावसायिक वर्गांकरिता शास्त्राध्यापनाची उपयुक्त प्रायोगिक माहिती पुरविणे.
- ४) विज्ञान विषय शिकविण्याकरिता लागणाऱ्या साधनसामग्रीची जुळवाजुळव करून तो संग्रह देवाणघेवाण पद्धतीने शाळांना कसा पुरवावा याबद्दल उपयुक्त माहिती देणे.
- ५) शास्त्रमंडळे व हौशी मंडळांच्या शास्त्रीय संस्थांना मार्गदर्शन करणे.
- ६) देशांमधील निरनिराळ्या परिस्थितीमध्ये उपयोगी पडेल व स्थानिक भाषेमध्ये सहज भाषांतर करता येईल, असा शास्त्राच्या अध्यापनाचा आदर्श आराखडा तयार करणे.

पुस्तकाचे विविध उपयोग

अध्यापक शाळांकरिता

अध्यापक शाळांमध्ये शिकत असलेल्या शिक्षकांना प्राध्यापकांनी केवळ व्याख्याने ऐकून शास्त्राच्या अध्यापनाची पद्धती आत्मसात करता येणार नाही. पुढे शिकवू लागल्यावर वर्गात ज्या अनेक अडचणी उपस्थित होतात, त्यांची थोडी तरी माहिती या काळात त्यांना झाली पाहिजे. शास्त्र शिकविण्याकरिता विशेष साहित्य व साधनसामग्री लागते व त्या विषयात प्रवेश करण्याचा मार्ग व पद्धती ह्या इतर विषयांपेक्षा भिन्न असल्यामुळे शालेय अभ्यासक्रमात त्याला विशेष महत्त्वाचे स्थान आहे. म्हणून सर्वसामान्य अध्यापन पद्धतीपेक्षा वेगळे असे शास्त्राच्या अध्यापनाचे विशेष शिक्षण अध्यापन शाळांत देण्यासंबंधी विचार करणे जरूर आहे. शास्त्र शिक्षणाचा दर्जा वाढावयास पाहिजे असेल तर अध्यापक शाळांमधील अभ्यासक्रमामध्ये निरीक्षण व प्रयोग यांवर आधारित अशा विशेष शास्त्राध्यापन पद्धतींना स्थान दिले पाहिजे.

शास्त्राध्यापन पद्धतीची माहिती करून देत असता त्यातील बराचसा भाग प्रयोगात्मक असा असला पाहिजे. त्यामध्ये नवीन शिक्षकांना स्थानिक परिस्थितीत सहज उपलब्ध होणाऱ्या साधनसामग्रीचा उपयोग करून साहित्य कसे बनवावे व प्रयोगशाळा कशी उभी करावी याबद्दल शिक्षण देणे आवश्यक आहे. असे शिक्षण विद्यार्थी-शिक्षकांना दिले तरच शास्त्र शिकविताना निरीक्षण व प्रयोग यांचा उपयोग करण्यास त्यांना प्रोत्साहन मिळेल.

अशा तऱ्हेच्या कृतिबद्ध अभ्यासक्रमामध्ये शिक्षकाला पाठामध्ये लागणारी अनेक उपकरणे किंवा साधने प्रत्यक्ष तयार करण्याची संधी मिळाली पाहिजे. एवढेच नव्हे, तर पुढे उपयोगी पडेल अशी शैक्षणिक साधने जमवून लहानशा प्रयोगशाळेची जुळवाजुळव करण्यास त्यास उत्तेजन दिले पाहिजे.

शास्त्रशिक्षकांकरिता उपयुक्त माहितीचा संग्रह

शास्त्राचा अभ्यास न केलेले पुष्कळ शिक्षक तो विषय शिकविण्यास घाबरतात. पुष्कळ वेळा शास्त्र हा विषय शिकविण्याबद्दल वाटणारी ही धास्ती उपकरणांची जुळवाजुळव कशी करावी व अनुभवांतून शास्त्रीय ज्ञान कसे मिळवावे हे माहित नसल्यामुळे निर्माण होते. अशा शिक्षकांना सोपी उपकरणे तयार करून अभ्यासक्रमातील कोणताही भाग

सप्रयोग शिकविण्याकरिता उपयुक्त असं भांडार म्हणून या पुस्तकाचा उपयोग होईल. त्यामुळे शास्त्राचे अध्यापन सुधारण्यास व आकर्षक होण्यास मदत होईल.

तसेच विद्यार्थ्यांमध्ये शास्त्र विषयाची खरी आवड निर्माण होण्यासाठी व निर्माण झालेली आवड वाढविण्यासाठी या पुस्तकाचा उपयोग होईल. प्रत्येक मुलाला जात्याच प्रयोग करणे आवडते. कित्येक गोष्टी का घडतात, यासंबंधी त्यास जिज्ञासा असते व तो त्यासंबंधी त्याच्या कल्पना लागलीच लढवू पाहतो. शाळेबाहेरही मुले सतत काही ना काही प्रयोग करून पाहत असतात. कित्येक मुलांना उपकरणे तयार करून वर्गात मिळालेल्या ज्ञानाचा पडताळा पाहणे आवडते.

या पुस्तकात सुचविलेले साहित्य विद्यार्थीमंडळांमार्फत तयार करता येईल व त्यांच्या योग्य जुळणीने तयार केलेले साहित्यसंच पुढे शाळेतील प्रयोगांमध्ये उपयोगी पडतील. जर शाळेत उद्योगमंदिर (वर्क-शॉप) असेल तर विद्यार्थ्यांकडून शास्त्रीय उपकरणे तयार करून घेण्याची योजना शिक्षकाला आखता येईल.

शास्त्र शिक्षकांच्या शिबिरांकरिता (वर्क-शॉप स्टडी-कॉन्फरन्स)

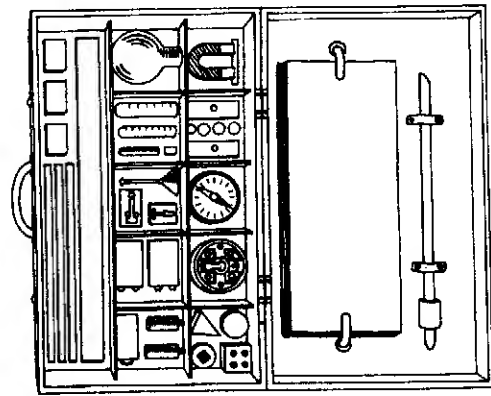
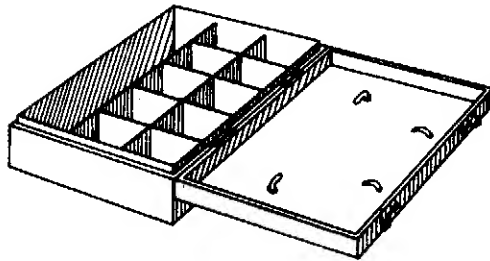
व्यवसायात पडलेल्या शिक्षकांना शिक्षणपद्धतीच्या नवीन दृष्टिकोनाची माहिती व्हावी या हेतूने अलीकडे शिबिरे भरविण्यात येतील. अशी शिबिरे अथवा परिषदा जगात अनेक ठिकाणी भरू लागलेल्या आहेत. कारण नवीन दृष्टी प्रत्यक्ष देऊन त्यांच्या अध्यापनात सुधारणा करण्याचा हा एकच मार्ग आहे.

शिक्षकांना प्रयोगशाळेतील साधे साहित्य बनविण्याच्या पद्धतीचे व शास्त्राच्या अध्यापन पद्धतीचे शिक्षण देण्याकरिता हे पुस्तक आधारभूत ठरेल. हे शिक्षक पुढे आपापल्या भागांतील इतर शिक्षकांस शिक्षण पद्धतीची नवी दृष्टी देऊ शकतील.

शास्त्राध्यापनाकरिता उपयुक्त अशा साध्या साहित्यसंग्रहाची उभारणी करण्याकरिता

प्रत्येक शाळेतमध्ये शास्त्रामधील निरनिराळे विभाग शिकविण्याकरिता लागणारी साधी उपकरणे असावयास पाहिजेत. परंतु पुरेशा द्रव्याच्या व वेळेच्या अभावी पुष्कळ शाळांमध्ये पुरेशी सामग्री नसते. ही अडचण टाळण्याकरिता प्रयोगोपयोगी साहित्याचे संच करून ते टिकाऊ अशा पेटित नीट बसवावेत. अशा पेटिस बिजागरीचे घट्ट बसणारे झाकण असावे. असे संच एखाद्या मध्यवर्ती शाळेतमध्ये ठेवल्यास आवश्यकतेप्रमाणे वाचनालयातील पुस्तकांप्रमाणे ते आसपासच्या शाळांना उसने देता येतील. अशा प्रत्येक पेटिमध्ये त्यात असणाऱ्या साहित्याची यादी व प्रयोगासंबंधीच्या सूचना असाव्यात.

वरील योजना खालीलप्रमाणे अमलात येऊ शकेल. वर वर्णन केलेले संच मध्यवर्ती ठिकाणी असलेल्या शाळेतमध्ये ठेवलेले असावेत. तेथील शिक्षकांनी ते संच नीट जतन करून ठेवण्याची व आवश्यक त्या नोंदी करण्याची जबाबदारी पत्करली पाहिजे. प्रत्येक संचाची नोंद केलेली कार्डे तेथे ठेवलेली असतील. समजा, एका शिक्षकाला पुढच्या आठवड्यात चुंबकत्वातील काही भाग शिकवावयाचा आहे. अशा वेळी संच ठेवलेल्या शाळेत तो शिक्षक जाईल व तेथे आपल्याला हवा असलेला चुंबकत्वासंबंधीचा विशिष्ट संच केव्हा लागेल व केव्हा परत केला जाईल या संबंधीची नोंद करील. त्या मध्यवर्ती शाळेतमधील जबाबदार शिक्षक ती नोंद घेऊन संचासोबत असलेल्या कागदावर त्या शिक्षकाचे नाव, शाळेचे



नाव व दिनांक यांची नोंद करील. नंतर शाळेतील शिक्षकाला संच दिला जाईल. तो शिक्षक त्या संचाचा उपयोग वर्गामध्ये शिकविण्याच्या वेळी करील. शेवटी तो भाग शिकवून संपल्यानंतर यादीवरून साहित्य तपासेल व काही फूटतूट झाली असल्यास तशी नोंद करून संच मूळ मध्यवर्ती शाळेमध्ये परत केला जाईल.

प्रयोगांकरिता लागणाऱ्या साध्या साहित्यसंग्रहाची जुळवाजुळव व संग्रह करण्याची योजना अनेक तऱ्हांनी करता येईल. एक रीत म्हणजे धंदेशिक्षण दिल्या जाणाऱ्या शाळेमध्ये विद्यार्थ्यांकडून वर वर्णिलेल्या संचाकरिता पेट्या बनवून घेता येतील. या पेट्यांत ठेवण्याचे साहित्य एखाद्या मध्यवर्ती शाळेत बनविता येईल किंवा सहकारी पद्धतीने निरनिराळ्या शिक्षकांनी एकेक संच वाटून घेऊन तेवढ्याचे साहित्य आपल्या विद्यार्थ्यांच्या मदतीने बनवून जमविता येईल. आणखी एक योजना म्हणजे अध्यापक शाळेतील विद्यार्थी-शिक्षकांना असे शैक्षणिक साहित्यसंच बनविण्याचे काम देता येईल.

शास्त्रमंडळाकरिता आधारग्रंथ

शास्त्रमंडळाच्या चालकांना पुष्कळ वेळा सभासदांना योग्य काम कसे पुरवावे हा प्रश्न पडतो. या पुस्तकामध्ये सुचविलेल्या अनेक योजनांमुळे व प्रयोगांमुळे याची अडचण दूर करता येईल.

अनेक देशांतील शास्त्रीय साहित्य व प्रयोग करण्याकरिता उपयुक्त असा आदर्श आराखडा पुरविणे.

कोणत्याही परिस्थितीमध्ये उपयोगी पडेल अशा रीतीने साधनसामग्रीची निवड यात केली आहे व त्यास अनुसरूनच पुस्तकाची मांडणी केली आहे. या पुस्तकातील माहिती सहज उपयोगात आणता येईल व रेखात्मक चित्रे सहज काढता येतील अशीच आहेत.

साधी उपकरणं बनविण्यास आवश्यक अशी हत्यारे

सामान्यविज्ञान शिकविल्या जाणाऱ्या प्रत्येक शाळेमध्ये साधी उपकरणे बनविता येतील, अशा वर्कशॉपच्या टेबलांची योजना असावयास पाहिजे. जुने टेबलसुद्धा या कामी उपयोगी पडेल. असे टेबल ठेवावयास ज्या ठिकाणी पुरेशी जागा नसेल, त्या ठिकाणी वर्गातील बाकांवर योग्य त्या आकाराच्या लाकडी फळ्यांचा तक्ता ठेवण्याची सोय केली तरी चालेल. अशा तक्त्यांमुळे बाकांची खराबी होणार नाही. अशा तक्त्याच्या खालच्या अंगास रद्दी कापड, कार्डबोर्ड अगर जाड कागद बसविल्यास अधिक चांगले. अशा टेबलावर हातोडीने ठोकण्याचे अगर करवतीने कापण्याचे काम करता आले पाहिजे. रंगाचे काम करताना खोलीतील फरशी खराब होऊ नये म्हणून जुन्या वर्तमानपत्रांचे कागद जमिनीवर अंधरावेत. त्याकरिता वर्तमानपत्राची रद्दी भरपूर जमवून ठेवावी.

साधी उपकरणे तयार करण्यास आवश्यक असणाऱ्या हत्यारांची यादी खाली दिली आहे.

हातोड्या	पत्रा कापण्याची कात्री	टेबलावरचा छोटा शेंगडा (व्हाइस)
स्कू-ड्रायव्हर्स	गोल कानस	जड लोखंडी तुकडा (बेंच आयर्न)
पक्कड	त्रिकोणी कानस	सॅण्ड पेपर (घास कागद)
लाकूड कापण्याची लहान करवत	सपाट कानस	पेअरिंग नाइफ (स्मल अगर चकती
धातू कापण्याची करवत	मोठा चाकू	करण्याचा)
रंधा	मीटरपट्टी	पोलादी धाग्याची लोकर (स्टीलवूल)
पटाशी	हिरकणी	चामड्याला भोक पाडण्याचे साधन
सामता व फाळ	कोर्पिंग करवत	खड्या व डाक लावण्याची साधने
गिरमिट किंवा गिमलेट	डबा उघडण्याचे साधन	नळाची पकड (रेंच)
	कापड कापण्याची कात्री	

साहित्य आणि आवश्यक वस्तू

साधी उपकरणे तयार करण्याकरिता प्रत्येक ठिकाणी एकच ठरावीक साहित्य मिळू शकेल असे नाही. पण काही महत्वाचे साहित्य व ते कोटून मिळविता येईल हे स्थूलमानाने सुचविणे शक्य आहे. त्यानुसार खालील यादी तयार केली आहे.

घरी मिळणाऱ्या वस्तू

निरनिराळ्या आकारांच्या थाळ्या	फळे ठेवण्याची भांडी (फ्रूट जार)
पातेली	फुलदाण्या
चमचे (मोठा टेबल स्पून व चहाचा चमचा)	कपडे टांगण्याचे चिमटे
कपबशा	जुन्या बुटांचे मऊ चामडे
चिनीमातीच्या मोठ्या बशा (पसरट व खोलगट)	दुधाच्या बाटल्या
निरनिराळ्या आकारांच्या लहान-मोठ्या बाटल्या	लाकडी रिळे
निरनिराळ्या आकारांचे पत्र्याचे डबे (झाकण असलेले व नसलेले)	जुनी घड्याळे
निरनिराळ्या आकारांचे काचेचे पेले व बरण्या	दाढी करण्याची पाती
बागकामाची हत्यारे	विजेची जुनी उपकरणे
चाकू, कात्री इ. (हॅण्ड टूल्स)	वाद्ये
शाईच्या दौती	निरनिराळ्या जार्तीच्या कापडांचे तुकडे
काचेचे ग्लास (टमलर्स)	केसाळ कातडे
कंगवे	दाताचे कुंचले - जुने (टुथ-ब्रश)
मीठदाणी	कढत भांडी ठेवण्यासाठी वापरण्यात येणाऱ्या बुचाच्या चकत्या
साबण	(कॉर्क डिनर टेबल मॅट्स)
विजेचे निकामी दिवे	प्लॅस्टिकचे कप
शाई	अॅल्युमिनिअमच्या व प्लॅस्टिकच्या नळ्या
तारेच्या अडकवण्या (वायर कोट हॅगर्स)	दुधाच्या बाटल्यांची अॅल्युमिनिअमची झाकणे

लोखंडी सामानाच्या दुकानात मिळणाऱ्या वस्तू

खिळे- निरनिराळ्या आकारांचे	दोर (बारीक)
कुन्हाडी खिळे निरनिराळ्या आकारांचे	आरसे
स्कू- निरनिराळ्या आकारांचे	काचेची भांडी - निरनिराळ्या आकारांची
नट - बोल्ट्स - निरनिराळ्या आकारांचे	खिडकीची काच
स्कू आईज (नेढे असलेले स्कू)	वॉशर्स
कमानी (स्प्रिंग्ज)	आकडे (हुक - निरनिराळ्या आकारांचे)
टेप (मोजण्याची)	विजेच्या (बॅटरी)
माशाच्या गळाची दोरी	विजेचे बारीक दिवे
कोयंडा, विचवा (स्टेपल्स) निरनिराळ्या आकारांचे	धातूचे पत्रे
चुका (टॅक्स-कारपेट)	धातूचे गज
चुका (टॅक्स-थम्ब)	तापमापके
दोरा (जाड व बारीक)	घुसळण्याचे यंत्र (एग-बीटर)

■ बारा

मेणबत्त्या
 घंगाळे (वाॅश-टब) लहान
 धातूच्या दांड्या (पडद्याकरिता वापरतात तसल्या)
 चुंबकसूची
 रॉकेलचे दिवे
 काचेच्या चिमण्या
 कंदिलाच्या काचा
 तारेच्या जाळ्या
 बुचे
 नरसाळी (धातूची, प्लॅस्टिकची)
 रबरी नळ्या
 धातूच्या नळ्या
 सुया (शिवण्याच्या, विणण्याच्या व रफू करण्याच्या)
 पाणसळ (लेव्हल बॉटल)
 सँड पेपर
 कप्प्या (पुलीज)
 टर्न बकल्स
 पोलादी धाग्यांची लोकर
 सरस व सीमेंट
 तारा (पितळ, तांबे, लोखंड)
 हत्यारे
 रंग
 व्हार्निश

टॉर्च (फ्लॅश-लाइट्स)
 धातू कापण्याच्या करवतीची पाती
 कात्र्या
 पत्रा कापण्याच्या कात्र्या
 धातूचे चेंडू
 लाकडी चेंडू
 डिश पॅन
 तेलाचे रिकामे डबे
 तेल
 पेले (कथील, अॅल्युमिनिअम)
 पायरेक्स बशा
 पायरेक्स बाटल्या
 चिमटे - लहान
 चुका उपटण्याचे यंत्र - अंबूर (टॅक पुलर)
 रोवळी, चाळणी (सीव्ह)
 वाती (स्पिरिटच्या दिव्याच्या)
 अॅसबेसटॉसचे तुकडे
 विद्युत घटाचे पेले
 टाचण्या
 दोरखंड व कप्पी (ब्लॉक आणि टॅकल)
 जॅक स्कू
 शीतोष्ण पात्र (थर्मॉस)

मोटार दुरुस्तीच्या दुकानामधून मिळणारे सामान

जुन्या रबरी धावा
 जुन्या रबरी ट्यूब
 ट्यूबमधील झडपा (व्हॉल्व्हस)
 वापरलेले संचायक (स्टोअरेज सेल)
 बॅटरी अॅसिड
 जुन्या मोटारीच्या अभंग काचा
 स्पार्क प्लग
 विद्युत प्रवाहमापक
 काब्युरिटर
 विद्युत-तारिणी (फ्यूज वायर)
 अंतर्गोल परावर्तक
 फ्युएल पंप
 विद्युत चक्की (मोटार)
 विद्युत जनित्र (जनरेटर)

दातेरी चाके (गिअर्स)
 बैठकीमधील कमानी (स्प्रिंग) बॉल बेअरिंग्ज
 वेगमापकातील चुंबक
 मोटारीच्या दिव्यांपुढील भिंगे
 मोटारीचे दिवे
 हत्यारे
 धातूच्या नळ्या
 वेटोळ्यांमधील जुन्या तारा (वायर फ्रॉम ओल्ड कॉईल्स)
 इग्निशन कॉईल
 यंत्र (एंजिन)
 बहिर्वक्र आरसा (मागचे दाखविणारा)
 फेडरवरील आरसा
 वापरलेले तेल

रेडिओ दुरुस्तीच्या दुकानातून मिळणारे सामान

रेडिओ सेट	रोहित्रांतील मऊ लोखंडाचा गाभा (कोअर)
जुन्या वेटोळ्यांमधील तार	शीतक (कंडेन्सर्स)
रोहित्र (ट्रॉन्सफॉर्मर)	विद्युत प्रतिबंध नियामक (व्हिओस्टॅट)
जुन्या रेडिओमधील ट्यूब	डाक लावण्याचे साहित्य
विजेचा प्रवाह मोजण्याची यंत्रे	धातूचे पत्रे (प्लेट्स)
तारेची वेटोळी (कॉईल्स)	रेडिओच्या पेटीचे प्लॉस्टिक

बाजारात मिळणाऱ्या वस्तू

अमोनिया	लाख
बेकिंग पावडर	स्टार्च
सोडा (खाण्याचा)	दोरी
विरंजक चूर्ण (ब्लिचिंग पावडर)	साखर
नीळ (ब्लूअिंग)	कागदी पिशव्या
कॉर्न सिरप	शुद्ध मीठ
मॅग्नेशियम सल्फेट	टर्पेटाइन
आगपेट्या	व्हिनीगर
रॉकेल	खोक्यांच्या फळ्या
पॅरेफिन	कार्डबोर्डच्या पेट्या
पोळ्यामधील मेण (बीस - वॅक्स)	लाकडी पेट्या
पत्र्याचे डबे	चरबी
जेलॅटिन	बी, बिया
गोडे तेल (कुकिंग ऑईल)	

लाकडी सामानाच्या बाजारातून मिळणाऱ्या वस्तू

अॅसबेस्टॉसचे पत्रे	धातूची जाळी
लाकडी तक्ते	भुस्सा (लाकडाचा)
लोखंडी सामान	चुनकळी
विद्युत विरोधी वस्तू	सीमेंट
प्लायवुड	विटा
प्रेस बोर्ड	गटाराचे फुटके नळ
दोरखंड	लाकडी सळ्या (डॉवेल रॉड)
रंग	लाकडी ठोकळे
व्हार्निश	लाकडी त्रिकोणी ठोकळे (वूड प्रिझम्स)

कारखान्यातून मिळणाऱ्या वस्तू

बॉल बेअरिंग्ज	गज (पितळी, लोखंडी)
दातेरी चाके (गिअर्स)	लोखंडाचा कीस
पत्रे (लोखंडी, पितळी, तांब्याचे)	धातूचे टाकाऊ तुकडे

■ चौदा

औषधाच्या दुकानातून मिळणाऱ्या वस्तू

ऊद (अगर)	जीभ दाबण्याचा लाकडी चमचा (बुड टंग डिप्रेसर्स)
मोरचूद	तापमापक
सॅकॅरिन	आयोडिन
लवणाम्ल	ड्रॉपर
नत्राम्ल	अंतर्गोल आरसे (दाढीचे)
सोडिअम हैड्रोक्साईड	काचेच्या नळ्या
सिल्व्हर नायट्रेट	रबरी बुचे
प्रथमोपचाराचा संच	औषधांच्या रिकाम्या बाटल्या
सेलोफेन	औषधांच्या नळ्या (मेडिसिन व्हॉयल्स)
मांसारक (बीफ एक्स्ट्रॅक्ट)	पेट्टोन
औषध भरण्याच्या पोकळ गोळ्या (कॅपसूल कन्टेनर्स)	स्पंज
रबरी कापड	परीक्षानळ्या
गंधकाची पूड	कागदी रुमाल (पुसण्याचे कागद)
बोरिक ॲसिड	लिटमस पेपर
मॅगनीज डायॉक्साईड	पोटॅशियम क्लोरेट
चिकट पट्ट्या (फिती)	प्लॅस्टर ऑफ पॅरिस

चष्याच्या व कॅमेऱ्याच्या दुकानामधून मिळणाऱ्या वस्तू

जुने प्रतिमाग्राहक (कॅमेरे)	वाचण्याची बृहद्दर्शक भिंगे
भिंगे	चष्याची भिंगे

प्लंबर व कलहईवाल्याकडे मिळणाऱ्या वस्तू

लोखंडी नळाचे तुकडे	रबरी शोषक पेला
शिश्याच्या नळाचे तुकडे	नळाच्या जुन्या तोट्या
धातूचे पत्रे	

विजेच्या सामानाच्या दुकानामधून मिळणाऱ्या वस्तू

निर्द्रव घट	विजेची जुनी उपकरणे
विजेचे दिवे	मिनिएचर लाइट सॉकेट्स
वेष्टित तार (इन्सुलेटेड)	विद्युत घंटा
कळ (स्विच)	विद्युत गुंजक (बझर)
लॅम्प सॉकेट	विजेची बटणे (पुश बटण)
अवाहक पट्टी (इन्स्युलेटिंग टेप)	तापणाऱ्या वस्तू (हीटिंग एलिमेन्ट्स)
विद्युतमापक यंत्र (इलेक्ट्रिक मीटर्स)	चुंबकसूची

खेळण्यांच्या दुकानांतून मिळणाऱ्या वस्तू

गायरोस्कोप	पिंगपाँगचे चेंडू
गोट्या	यांत्रिक खेळणी

चारचाकी उघड्या गाड्या
बाष्प यंत्र (स्टीम इंजीन)
बाष्प चक्री (स्टीम टरबाइन)
विजेवर चालणारी खेळणी
रबरी फुगे

रंगीत खडू
खेळांतील वाद्ये
रबरी चेंडू
प्लॅस्टिकची खेळणी
फुटबॉल पंपापुढे बसवावयाचा भाग

सायकल दुरुस्तीच्या दुकानामधून मिळणाऱ्या वस्तू

चाके
आऱ्या (स्पोक्स)
धावेमधील ट्यूब
धावेमधील झडप

दातेरी चाक
सायकल पंप
सायकलच्या हँडलला बसविलेल्या रबरी मुठी
सायकलचा दिवा

कापडाच्या दुकानामधून मिळणारे सामान

कापड (रेशमी, सुती, लोकरी, तागाचे, कृत्रिम धाग्यांचे) सुती, रेशमी व तागाचे धागे व दोरे

शाळेमध्ये आढळणारे सामान

कार्डबोर्ड
टीपकागद
शाई
रंगीत खडू
खोड रबर
जळलेले विजेचे दिवे
कागद
तेल
खडू

विद्युत तारिणी
शिसपेन्सिली
खडूच्या रिकाम्या पेठ्या
चिकटविण्याची लेबले
फूटपट्ट्या
पृथ्वीचे गोल (ग्लोब्स)
नकाशे
रबरी दोरे (रबर बॅन्ड्स)

संकीर्ण सामान

कागदी नळ्या (पोष्टांतून चित्रे वगैरे पाठविण्याच्या)
कार्डबोर्ड
टीपकागद
लहानमोठ्या घड्याळांमधील कमानी (स्प्रिंग्ज)
सिगारेटच्या पेठ्या
सिगारेटचे डबे
अॅल्युमिनिअम व कथलाचे वर्ख

रोलर स्केट
लोणारी व दगडी कोळसा
दूरध्वनी यंत्राचा प्रेषक व ग्राहक
दूरध्वनी यंत्रामधील चुंबक
लोहकांत दगड (लोडस्टोन)
टेनिसचे चेंडू

सभोवतालच्या प्रदेशात मिळणारे संकीर्ण सामान

बिया व फळे
पाने
वनस्पती
पक्ष्यांची घरटी

खडक व खनिजे
मातीचे नमुने
निरवातके (फॉसिल्स)
कीटक

■ सोळा

प्राथमिक सामान्यविज्ञानाच्या अध्यापनाबद्दल काही सूचना *

प्राथमिक विज्ञान

शास्त्र म्हणजे काय?

प्राथमिक शाळेतील मुले 'हे काय?', 'ते काय?' असे प्रश्न सारखे विचारतात. त्यातूनच त्यांना शास्त्राची ओळख व्हावयाची असते. एके काळी शास्त्र शिकवावयाचे म्हणजे खडक, गांधीलमाशीचे घर, एखाद्या झाडाचे फळ, फूल, वगैरेबद्दल वस्तुपाठ देत असत किंवा टोळाच्या शरीराचे अगर जास्वंदीच्या फुलाचे अवयव पाहणे किंवा २० झाडे, २० कीटक, २० फुले अगर दुसऱ्या २० वस्तू ओळखणे, असे शास्त्र शिकविण्याचे भिन्न प्रकार होते. पण ते बरोबर नव्हते. केवळ ही माहिती म्हणजे काही शास्त्र नव्हे.

मग शास्त्र म्हणजे काय? भोवतालच्या वातावरणासंबंधी मुलांच्या मनात उत्पन्न होणाऱ्या प्रश्नांचा अभ्यास म्हणजे शास्त्र. किंवा व्याख्याच करावयाची तर, 'भोवतालच्या नैसर्गिक वातावरणाचा अभ्यास म्हणजेच शास्त्र होय.' रसायनशास्त्र, पदार्थविज्ञान, जीवशास्त्र, खगोलशास्त्र यांमधील तुटक माहिती मिळविणे म्हणजे शास्त्र शिकणे नव्हे. प्राथमिक विज्ञानात या सर्व शास्त्रांचा संबंध येईल. परंतु मूल दिसामासी वाढत असताना त्याच्या जिज्ञासू मनात जे असंख्य प्रश्न निर्माण होतात, त्यांचा अभ्यास म्हणजे प्राथमिक विज्ञान होय. वारा कशामुळे वाहतो? ढगात काय असते? दगड कशाचा बनला आहे? घंटा वाजते तेव्हा काय घडते? बीपासून झाड कसे तयार होते? इंद्रधनुष्य कशामुळे बनते? हे आणि इतर अनेक प्रश्न प्राथमिक शाळेतील मुलांच्या मनात सदैव घोळत असतात. ही गोष्ट प्राथमिक शाळेचा अनुभव घेतलेल्या शिक्षकांना सहज पटण्यासारखी आहे. मुलांना प्रश्न विचारणे आवडते, तसेच त्यांची उत्तरे समजून घेणेही आवडते. अशा प्रश्नांची उत्तरे शोधणे म्हणजेच शास्त्र शिकणे होय.

हे शास्त्र, तंत्र आणि मंत्र यांनी जखडलेले असले पाहिजे, असे मुळीच नाही. १० वर्षे वयाच्या मुलाला त्याच्या प्रश्नाच्या पूर्ण स्पष्टीकरणाची आवश्यकता नसते आणि दिले तरी ते त्याला समजणे कठीण असते. मुलांच्या

भोवती हरघडी आढळणाऱ्या गोष्टींबद्दल का, कसे, केव्हा, कोठे, काय या प्रश्नांचे अगदी सोप्या स्वरूपांतील स्पष्टीकरण हाच शास्त्राचा पाया होय. त्याच्यापुरते तेच खरे शास्त्र आहे. शास्त्राच्या परिभाषा, तांत्रिक संज्ञा, सविस्तर स्पष्टीकरण, इत्यादी गोष्टींची त्याला आवश्यकता नसते. त्या यथावकाश पुढे येतीलच. पण या वयात त्याच्या दृष्टीने आवश्यक बाब जर कोणती असेल तर ती म्हणजे त्याच्या जिज्ञासेचे समाधान झाले पाहिजे. ही जिज्ञासा वाढून त्याला संशोधनाची आवड निर्माण झाली पाहिजे व त्याचा उत्साह उत्तेजित झाला पाहिजे. अशाच तऱ्हेचे शास्त्र त्याच्या दृष्टीने योग्य ठरते. त्याचाच ते अभ्यास करू शकते.

ते कोठे आढळते?

वर वर्णन केलेले शास्त्र कोठे आढळेल? त्याकरिता लांब जावयास नको. मुलांच्या अवतीभोवतीच हे शास्त्र आहे. ती श्वासोच्छ्वास करतात त्या हवेत, पितात त्या पाण्यात, खातात त्या अन्नात, सगळीकडे शास्त्र आहेच. 'प्राणवायू म्हणजे काय?', 'खजिन पदार्थ पाण्यात कसे येतात?', 'जीवनसत्त्व म्हणजे काय आहे?' वगैरे प्रश्नांतूनच शास्त्र निर्माण होते.

शाळेत जाता जाता मुले जे काही पाहतात त्यात शास्त्र आहे. 'विद्युतशक्तीच्या साहाय्याने ट्रॅम कशी चालते?', 'मोत्या कुत्रा उन्हाळ्याच्या दिवसांत धापा टाकीत असताना जीभ बाहेर का काढतो?', 'आकाश निळे का?' ह्या प्रश्नांत शास्त्र येते.

घरातही 'दाराबाहेरच्या विजेच्या घंटेचे कार्य कसे

* या प्रकरणातील मजकूर पुढील दोन पुस्तिकांचे लेखक व प्रकाशक यांच्या पूर्ण परवानगीनेच जरूर ते फेरफार करून घेण्यात आलेला आहे : टीचिंग एलिमेंटरी सायन्स, बुलेटिन १९४८, नं. ४ आणि सायन्स टीचिंग इन रूरल अँड स्मॉल टाउन स्कूल्स, बुलेटिन १९४९, नं. ५ ऑफ दि फेडरल सिक्युरिटी एजन्सी, ऑफिस ऑफ एज्युकेशन, वॉशिंग्टन, डी.सी., लेखक डॉ. ग्लेन ओ. ब्लफ व डी. पॉल ब्लॅकवुड.

चालते?', 'लिंबाची चव आंबट कशामुळे?', 'फुंकणी वापरल्याने शेगडी का फुलते?' हे प्रश्न मुलांच्या मनात उभे राहतात.

तेच शाळेमध्येही 'आगविझव्या यंत्रामुळे आग कशी विझते?', 'पाण्याच्या नळाला गंज का येतो?', 'साथ आली म्हणजे सर्वांनी टोचून का घ्यायचे?' हे प्रश्न येतात.

थोडक्यात, आपण ज्यांना शिकवितो त्या विद्यार्थ्यांभोवतीच सगळीकडे शास्त्र आहे आणि म्हणूनच ते आपोआप त्यांच्या लक्षात आल्याशिवाय राहणार नाही. थोडे मार्गदर्शन झाल्यास मुले अधिक चौकस बनतील. थोडे प्रोत्साहन मिळाल्यास त्यांची आवड वृद्धिंगत होईल. शिकविण्याची हातोटी असलेल्या व शास्त्राची उपयुक्तता पटलेल्या शिक्षकांच्या साहाय्याने भोवतालच्या वातावरणाचा अभ्यास ती जास्त चांगला करतील.

ते काय करू शकते?

चार माणसांचे संभाषण चालू असताना भरपूर सर्वसामान्य माहिती असलेला चौकस स्वभावाचा मनुष्य आपली छाप दुसऱ्यावर सहज पाडतो. परंतु याचा अर्थ असा नाही की, तुम्ही विद्यार्थ्यांना शास्त्रीय माहितीचे घुटके सारखे पाजले पाहिजेत. भोवतालच्या गोष्टीसंबंधी मुलांच्या मनात येणाऱ्या प्रश्नांचा विचार त्यांना करता यावा म्हणून काही सर्वसामान्य सिद्धांत त्यांना माहित असले पाहिजेत. ते समजण्यास तुम्ही त्यांना मदत केली पाहिजे इतकेच.

उदाहरणार्थ, लिली जातीच्या फुलाला साधारणतः सारख्या रंगाच्या तीन पाकळ्या असतात, तीन दलांनी युक्त असा पुष्पकोश असतो, सहा पुंकेसर असतात व एक स्त्रीकेसर असतो. ही बारकाईची माहिती १० वर्षांच्या मुलाला पाठ असण्याची काहीच जरूरी नाही. त्याशिवाय त्याचे जीवन परिपूर्ण होऊ शकेल. परंतु समजा, त्याने 'अनेक वनस्पतींचे व प्राण्यांचे बारकाईने निरीक्षण केले तर वनस्पती व प्राणी यांच्या वैशिष्ट्यांवरून त्यांचे प्रमुख गट पडतात व त्यांचे वर्गीकरण केले तर एखादा प्राणी अगर वनस्पती कोणत्या गटात मोडतो हे त्याच्या वैशिष्ट्यांवरून समजू शकते', हा सर्वसामान्य नियम त्यास अवगत होईल. या सिद्धांताचा वापर करून त्याच्या पाहण्यात येणाऱ्या वनस्पती व प्राणी कोणत्या गटात मोडतात ते तो ओळखू शकेल, शिवाय त्यांच्या सवयी,

उपयुक्तता, अपायकारकता जाणून घेणेही त्याला शक्य होईल. वरील सामान्य सिद्धांत मुलाला काळजीपूर्वक अभ्यास व निरीक्षण यामुळे त्याचप्रमाणे अनेक लहान लहान कल्पनांची जुळणी केल्यामुळे कळेल. तेव्हा मुलांच्या दैनंदिन जीवनात त्यांना आढळणारे प्रश्न सोडविण्याकरिता उपयोगी पडतील अशा स्वरूपाचे सिद्धांत शिकविणे हा एक शास्त्राचा उद्देश असला पाहिजे. मुलांमुलींच्या जीवनात असा महत्त्वाचा बदल घडून येईल, अशा तऱ्हेच्या प्रश्नांचा अभ्यास आपण करू लागलो म्हणजे शास्त्राच्या अध्यापनाचा कार्यक्रम आपणास आपोआप सुचेल.

आपल्या विद्यार्थ्यांच्या विचारपद्धतीत भोंगळपणा उपयोगी नाही. शास्त्रीय सिद्धांत शोधताना शास्त्रज्ञांनी जी विचारपद्धती वापरली, तीच विद्यार्थ्यांमध्ये उत्पन्न व्हावी हाच आपला उद्देश असला पाहिजे. अशा तऱ्हेने बरोबर उत्तर अगर स्पष्टीकरण मिळविण्याच्या विचारपद्धतीला 'शास्त्रीय विचारपद्धती' म्हणता येईल. तिचा अंगीकार करावा ही कल्पना काही नवीन नाही. अनेक वर्षे ती विचारसरणी आपण अंकगणित व इतर विषयांच्या बाबतीत वापरतच आहोत. शास्त्रीय विचारसरणीमध्ये प्रश्नाचे स्वरूप समजून घेणे, संभवनीय अशी अनेक उत्तरे शोधणे, पुरावा गोळा करणे, निष्कर्ष काढणे आणि शेवटी त्याचा पडताळा पाहणे या पायऱ्या येतात. परंतु प्रश्न निर्माण झाला रे झाला की, प्रत्येक वेळेस या पायऱ्या तयार करून त्या चढत गेले पाहिजे, असा मात्र याचा अर्थ नाही.

वास्तविक पाहता, शास्त्रीय विचारसरणीमध्ये या सर्व पायऱ्या आवश्यक आहेत, असे नाही. उदाहरणार्थ, चुंबकसूची दक्षिणोत्तर का राहते हे मुलांना शोधावयाचे आहे. मुलांना नेमके काय समजावयास पाहिजे आहे ते बरोबर मांडले पाहिजे. मुलांनी प्रश्नाचे स्वरूप नीट जाणले आहे, याची खात्री तुम्ही करून घेतली पाहिजे. त्यानंतर सुई तशीच का राहते याबद्दल त्यांच्या कुवतीनुसार त्यांनी वेगवेगळे स्पष्टीकरण दिले तर त्यात काही स्पष्टीकरण बरोबर तर काही चूक आढळेल.

आता 'कोणाचे स्पष्टीकरण बरोबर आहे, हे कसे ठरवावयाचे?' असा प्रश्न टाकलात तर मुले सुचवतील; 'आपल्या शास्त्रपुस्तकात बघा.', 'विज्ञान शिक्षकांना विचारा', 'प्रयोग करा.' मग मुलांनी या सूचना कृतीत

उतरविल्या. शेवटी योग्य स्पष्टीकरण शोधले व ते तज्ज्ञांकडून तपासून घेतले. झाले; अशा रीतीने त्यांनी प्रश्न सोडविला. मिळालेल्या माहितीचा उपयोग ती मुले आता करू शकतील. प्रश्न सोडविण्याच्या पद्धतीची ही केवळ सुरुवात आहे. ही रीत नीट वापरली तर त्याचे सुपरिणाम दिसतील. उत्तम मार्गदर्शन लाभल्यास अशा रीतीने प्रश्न सोडविण्यात विद्यार्थी बरीच प्रगती करतील. मात्र शालेय जीवनात या पद्धतीची ओळख लवकर होण्यासारखी नाही. प्रश्नांची बिनचूक उत्तरे शोधण्यात तरबेजपणा येण्यास बराच कालावधी लागतो.

जसजसा अनुभव येत जाईल तसतशी मुलामुलींना विचाराच्या शास्त्रीय पद्धतीची ओळख होत जाईल.

उदाहरणार्थ : निरनिराळ्या गोष्टी उगीच कशातरी घडत नाहीत. त्यांना काहीतरी नैसर्गिक कारण लागते. तेव्हा धर्मभोळेपणा व अंधश्रद्धा सोडली पाहिजे. इतरांच्या मताची कदर करणे, आपले निष्कर्ष बरोबर असल्याची खात्री वाटेपर्यंत ते तात्पुरत्या स्वरूपाचे मानणे, विश्वसनीय पुरावा गोळा करणे, आपली चूक आढळल्यास स्वतःचे मत बदलण्यास तयार असणे, एकदम निष्कर्षांप्रत न जाणे, भोवताली घडणाऱ्या गोष्टींबद्दल जिज्ञासा वाटणे आणि अर्धवट स्पष्टीकरणाने समाधान न मानणे ह्या गोष्टी शास्त्रीय विचारसरणीला आवश्यक आहेत. कुशल मार्गदर्शनाखाली केलेल्या शास्त्राच्या अध्ययनामुळे या गोष्टी विद्यार्थ्यांच्या अंगवळणी पडू शकतील. एवढेच नव्हे तर, अशा शास्त्रीय विचारसरणीशी मुलांचा जितका लवकर संबंध येईल तितके अधिक चांगले.

आणखी एक गोष्ट म्हणजे मुलांच्या जिज्ञासेचे क्षेत्र शक्य तितके विस्तृत करणे. त्यांच्या निकटच्या कित्येक गोष्टींबद्दल मुलांना नैसर्गिकरित्याच कुतूहल वाटत असते. परंतु त्या पलीकडच्या कितीतरी गोष्टी त्यांना अज्ञात असतात. त्यामुळे त्याबद्दल त्यांना कुतूहल वाटू शकत नाही. खालच्या इयत्तेत ताऱ्यांची थोडीशी माहिती दिल्याने त्यांच्या मनामध्ये एका नव्या विभागाबद्दल गोडी निर्माण होईल. काहीना त्याचे कायमचे आकर्षण वाटेले. रोपट्यांच्या वाढीच्या अभ्यासाने वनस्पती लावण्याबद्दलची गोडी जागृत होईल. अशी संधी न मिळाल्यास ती व्यक्त होणार नाही. पूर्वी अशी समजूत

होती की, मुलांना केवळ वनस्पतिसृष्टी व प्राणिजीवन यांबद्दलच औत्सुक्य असते. पण तसे नाही हे आता मुलांच्या आवडीनिवडीसंबंधी केलेल्या संशोधनावरून सिद्ध झाले आहे. सृष्टीचे सर्व पैलू त्यांना आकर्षक वाटतात. काही मुलांच्या बाबतीत हे आकर्षण किंवा आवड संकुचित असल्याचा भास होतो. परंतु योग्य साहाय्य लाभल्यास इतर गोष्टींमध्येही त्यांना रमविता येईल. पुष्कळांची चिरंतन टिकणारी गोडी शालेय जीवनाच्या पहिल्या काळातच निर्माण झालेली असते. अनेक शास्त्रज्ञ याबाबतचा आपला अनुभव सांगतात. तेव्हा या गोष्टीकडे लक्ष पुरवून प्राथमिक शाळेतील शास्त्राध्यापन केल्यास ते अधिक फलदायी होईल.

शास्त्रीय विचारसरणी व कायम जिज्ञासा यांबरोबरच मुलांमध्ये रसिकवृत्ती किंवा रसिकता उत्पन्न झाली पाहिजे. ही कशी निर्माण करता येईल? निसर्गासौंदर्याबद्दलच्या प्रवचनाने खासच नाही; फुले, फुलपाखरे, मधमाश्या यांच्याबद्दल सामान्य माहिती देण्याचाही उपयोग होणार नाही. प्रत्यक्ष पाहण्यास, जवळून बारकाईने अवलोकन करण्यास, कसून तपासणी करण्यास व भोवतालच्या जगातील आश्चर्यकारक गोष्टी शोधून काढण्यास शिकविल्याने ही गोष्ट साध्य होईल. झाडाचे यःकश्चित पान ते काय, पण त्यातसुद्धा मानवास अजून असाध्य असलेली अन्ननिर्मितीची प्रक्रिया चालू आहे. तिला पाणी आणि कर्बोद्विप्राणिल (कार्बन डायॉक्साईड) वायू हा कच्चा माल व पानांतील हिरव्या रंगाचे द्रव्य या गोष्टी आवश्यक आहेत व सूर्यप्रकाशाच्या साहाय्याने ही प्रक्रिया घडते, इतकेच ज्ञान मनुष्याला आहे.

अगदी शेवटच्या अणूपर्यंत या प्रक्रियेचे पृथक्करण तो करू शकत असला तरी ती तो स्वतः करू शकत नाही किंवा या प्रक्रियेचे अगदी पुरे ज्ञान त्यास अजून झालेले नाही. या क्रियेशिवाय जीवन टिकणे दुरापास्त होऊन बसेल, इतके या क्रियेचे महत्त्व आहे. या प्रक्रियेसंबंधीची ही वस्तुस्थिती जेव्हा मुलाला समजते व तिचे खरे महत्त्व जाणून घेण्यास जेव्हा त्यास मदत केली जाते, तेव्हा त्याची रसिकता वाढते. विशेषतः उत्साही, बुद्धिमान आणि रसिक शिक्षकांबरोबर काम करीत असताना ती अधिक जोमाने वाढते.

तेव्हा शास्त्राच्या अध्यापनाचे हे हेतू शिक्षकांसमोर

असतील व ते साध्य व्हावेत अशा पद्धतीने शिकविण्याची कसोशी ते करतील तर शास्त्राच्या अभ्यासाने वर सांगितलेल्या गोष्टी विद्यार्थ्यांना साध्य होतील. केवळ शिक्षकांकरिता लिहिलेल्या अध्यापन पद्धतीच्या पुस्तकामध्ये ग्रथित केलेली ध्येये किंवा उद्दिष्टे शिक्षकांना तोंडपाठ असली तरी ती प्रत्यक्ष आचारात उतरली नाहीत तर मुलांना त्यांचा काहीही उपयोग नाही. शिक्षकांच्या मनातील उद्दिष्टे मुलांच्या मनात उतरली तरच ती खरी उपयुक्त होतील. अशाच उद्दिष्टांची छाया विषयनिवडीवर, अध्यापनपद्धतीवर, प्रायोगिक भागावर, मूल्यमापन करण्यावर, एवढेच काय, परंतु वर्गात जे जे घडते किंवा केले जाते; त्या त्या गोष्टींवर पडते. म्हणून सर्व शास्त्रशिक्षकांनी पुढील मुद्दे लक्षात ठेवणे अगत्याचे आहे. शास्त्र शिकविण्यापासून तुम्ही काय साधू इच्छिता ते निश्चित करा व ते अपेक्षित साध्य सतत मनात ठेवा. अपेक्षित साध्य गाठण्याच्या दृष्टीने मार्गाची व कार्यक्रमाची आखणी करा, योग्य मार्गाने तुम्ही जात आहात याकडे लक्ष ठेवा आणि ठरविलेल्या ध्येयाच्या किती जवळ तुम्ही येत आहात याचा अंदाज घ्या. शेवटची आणि सर्वात महत्त्वाची गोष्ट म्हणजे तुमचे हेतू तेच जवळजवळ विद्यार्थ्यांचे हेतू असले पाहिजेत आणि ते साध्य करण्यात त्यांची प्रत्यक्ष मदत होत असली पाहिजे.

प्राथमिक विज्ञान व सृष्टिनिरीक्षण

प्राथमिक शाळेत शिकविण्याच्या शास्त्राच्या अभ्यासक्रमाला 'प्राथमिक विज्ञान' म्हणावे की 'सृष्टिनिरीक्षण' म्हणावे, याबद्दल अद्यापही कोठेकोठे वाद चालू आहे. काही शाळांत सृष्टिनिरीक्षणाचा चांगला कार्यक्रम आखलेला असतो. 'सृष्टिनिरीक्षण' हे नाव दिले तरी शास्त्राच्या अभ्यासाची आधुनिक उद्दिष्टे समोर ठेवून व्यापक अभ्यास या शाळांतून चांगल्या रीतीने होतो. काही शाळांतून 'प्राथमिक विज्ञान' हे नाव दिले, तरी जुन्याच दृष्टीने वस्तुपाठांमार्फतच शिक्षण चालते. तेव्हा नाव महत्त्वाचे नसून शिक्षणात कोणत्या गोष्टींचा समावेश केला जातो व ते देताना कोणत्या पद्धतीचा अवलंब केला जातो हे महत्त्वाचे आहे. सृष्टिनिरीक्षणातील चांगल्या गोष्टी घेऊन आधुनिक दृष्टीने व पद्धतीने हाताळणे हे चांगले. हा फरक केवळ नावाचाच नसला तरी सृष्टिनिरीक्षणापेक्षा प्राथमिक

विज्ञानाचे क्षेत्र व्यापक असून आधुनिक काळात ते जास्त उपयुक्त आहे, हे खास.

सृष्टिनिरीक्षणात एखाद्या विशिष्ट वस्तूवर लक्ष केंद्रित केले जाते. उदाहरणार्थ, गारगोटी किंवा चिंचेचे झाड यांची पाहणी करताना निव्वळ वस्तू ओळखण्यावर भर दिला जाऊन सर्वसामान्य प्रस्तरांची घडण अगर वृक्षांचे जीवन यांकडे दुर्लक्ष होते. ही माहिती खरे ज्ञान मिळविण्याचे निव्वळ साधन आहे हे लक्षात राहत नाही. केवळ काही प्राणी अगर वनस्पती यांचा अभ्यास होतो. परंतु मुलांच्या जीवनात व शास्त्राच्या व्यापक क्षेत्रात जे खरे महत्त्वाचे प्रश्न निर्माण होतात त्यांच्याकडे लक्ष दिले जात नाही. भोवतालच्या वातावरणासंबंधी सर्व प्रकारची जिज्ञासा मुलांना असते, असा अनुभव आहे. म्हणून सृष्टिनिरीक्षणातील वस्तुपाठांची कल्पना आज मागे पडून शास्त्राच्या अभ्यासाचे धोरण मुलांच्या जीवनात घडत असलेला फरक लक्षात घेऊन आता बदलले पाहिजे. मुलांच्या भोवतालचे जग झपाट्याने बदलत चालले आहे. तेव्हा शिक्षणातही त्या दृष्टीने बदल केला पाहिजे.

सृष्टिनिरीक्षणातून एक चांगली गोष्ट मात्र अवश्य घेण्यासारखी आहे. ती म्हणजे भोवतालच्या सृष्टीविषयी माहिती केवळ ऐकून अगर वाचून मिळविण्याऐवजी ती प्रत्यक्ष स्वतःच्या अनुभवाने मिळविली पाहिजे. वनस्पतींचे व प्राण्यांचे प्रकार, प्राण्यांचे निवासस्थान, सजीव वस्तूतील परस्परसंबंध स्पष्ट करणारी ठिकाणे, भोवतालच्या परिस्थितीचा सजीव सृष्टीवर होणारा परिणाम व त्या परिस्थितीशी जुळवून घेण्याची जीवांची धडपड या गोष्टींकडे लक्ष देऊन निसर्गाच्या अभ्यासासाठी काढलेली सहल ही शिक्षणाला फार उपयुक्त ठरेल. तेव्हा सृष्टिनिरीक्षणाची सहलदेखील योग्य तऱ्हेने वापरली तर शास्त्राच्या आधुनिक कार्यक्रमाला पूरक होऊ शकेल. उद्यान, जंगल वगैरेंच्या जवळ असलेल्या शाळांना सहलींच्या द्वारा आपल्या जवळपासच्या गोष्टींचा अभ्यासक्रमात योग्य तऱ्हेने उपयोग करून घेता येईल.

शिविरनिवासाचाही उपयोग प्रत्यक्ष अनुभव मिळवून रसास्वाद घेण्याकडे होऊ शकेल. शेकोटी पेटवणे, निजण्याची जागा तयार करणे (तंबू उभारणे), पिण्याकरिता स्वच्छ पाणी मिळविणे, अन्न मिळवणे व तयार करणे,

वगैरे अनेक गोष्टींत शास्त्राचा पुष्कळ भाग येतो. अर्थात कशा प्रकारे व किती शास्त्र त्यातून शिकता येईल हे शिक्षकाच्या नेतृत्वावर अवलंबून राहिल.

तुम्ही घेतलेल्या व्यवसायांतून शास्त्राचे खरे शिक्षण मुलांना मिळत आहे किंवा नाही हे वर सांगितलेल्या उद्दिष्टांवरून ठरवावे लागेल. निरनिराळ्या व्यवसायांत वेळ घालविला म्हणजे शास्त्राचे शिक्षण झाले असे नाही. पाने जमवून वाळवणे, पक्ष्यांच्या आकृतीत रंग भरणे, हिमालयाचा देखावा तयार करण्याकरिता कागद कापून हिम तयार करणे अगर पतंगाकरिता कागद चिकटविणे अगर वर्ख लावणे अशा उद्योगांत वेळ गेला म्हणजे शास्त्राचे शिक्षण आपोआप झाले असे नाही.

शास्त्र व प्राथमिक शाळांतील अभ्यासक्रम

प्राथमिक शाळेतील एकंदर अभ्यासक्रमात प्राथमिक विज्ञानाच्या कार्यक्रमाची नीट जुळणी न झाली तर शास्त्राचे शिक्षण परिणामकारक होणार नाही. प्राथमिक शिक्षणाचे ध्येय गाठण्यात शास्त्राच्या अध्यापनाचा कितपत उपयोग होईल यावर एकंदर अभ्यासक्रमातील शास्त्राचे स्वतंत्र स्थान अवलंबून राहिल.

प्राथमिक शिक्षणाचे उद्दिष्ट निरनिराळ्या प्रकारे सांगितले जाते. चांगला नागरिक होण्यास आवश्यक असे ध्येय, ज्ञान व कौशल्य हस्तगत करण्यास मुलांना मदत करणे प्रमुख उद्दिष्ट मानले जाते. त्यात लेखन, वाचन व अंकगणित ही ज्ञान मिळविण्याची साधने मूलभूत मानली जातात. त्यानंतर सामाजिक वागणूक कशी ठेवावी हे मुलांना शिकविणे जरूर आहे. तसेच सामाजिक प्रश्नांची ओळख त्यांना व्हावी यासाठी ते सोडवण्याचे मार्ग त्यांनी प्रत्यक्ष सुचवावे व ते प्रत्यक्ष आचरणात आणण्याचा प्रयत्न करावा. थोडक्यात, व्यक्तीच्या व समाजाच्या गरजांची व आपण समाजाचा घटक असल्याची त्यांना जाणीव व्हावी. प्राथमिक शिक्षणात समाजाचा घटक नागरिक या नात्याने वागण्यास लागणाऱ्या गोष्टी म्हणजे सहकार्य, पुढाऱ्यांची निवड, सामुदायिक योजना आखणे, वगैरे गोष्टींचा समावेश होतो. तसेच शारीरिक व मानसिक आरोग्य मिळविण्याकरिता जरूर ती माहिती व आचरण शिकविले पाहिजे. मोकळ्या वेळाचा सदुपयोग व्हावा यासाठी एखाद्या छंदाचीही आवड लागावी. चांगल्या प्राथमिक

शाळेत या सर्व गोष्टी आल्या पाहिजेत आणि शास्त्राच्या अध्यापनाचा कोणताही कार्यक्रम या गोष्टीकडे लक्ष दिल्याखेरीज परिणामकारक होणार नाही.

प्राथमिक विज्ञान शिकविण्याचे उद्देश या प्राथमिक शिक्षणाच्या सामान्य उद्देशांशी सुसंगत असेच असले पाहिजेत. तेव्हा शास्त्र कसे शिकवावयाचे, कोणते व्यवसाय मुलांना जास्तीत जास्त उपयुक्त ठरतील, त्या व्यवसायांची आखणी व मूल्यमापन हे सर्व प्राथमिक शिक्षणाचे जे व्यापक उद्देश वर दिले, त्यांच्याशी जुळवून घेतले पाहिजेत.

उदाहरणार्थ, मुले चांगली नागरिक बनतील अशा दृष्टीने शास्त्र शिकविले पाहिजे. काय शिकवावयाचे, कसे शिकवावयाचे, त्याची जमवाजमव, जुळणी, आखणी वगैरे सर्व शिक्षकानेच केले, तर मुलांमध्ये योजना आखणे व ती सहकार्यानि पार पाडणे याचे कौशल्य कसे निर्माण होईल? चांगल्या नागरिकाला एखाद्या कार्याची आखणी करून ते सहकार्यानि पार पाडता येणे आवश्यक आहे, असे आपण मानतो. तेव्हा मुलांना या गोष्टीचा सराव होण्यासाठी तशी भरपूर संधी मिळाली पाहिजे. शिक्षक या नात्याने मुलांचा पुढारी बनणे व हुकूम सोडणे यात फरक आहे. मुलांच्यात आवड निर्माण व्हावी म्हणून पुढाकार घेऊन एखाद्या गोष्टीची सुरुवात करून देणे व ती कशी पूर्ण करता येईल याबद्दल मार्गदर्शन केल्यावर केवळ जरूर तेथे मदत करणे हे चांगल्या शिक्षकाचे कौशल्य आहे. त्याच्या ज्ञानामुळे व अनुभवामुळे तो अचूक मार्गदर्शन करू शकेल. पण योग्य वेळी स्वतः गप्प राहणारा शिक्षक खरा निष्णात ठरतो. शास्त्राच्या व इतर शालेय कार्यक्रमांत कमी बोलणे, शांत राहणे ही एक महत्त्वाची गोष्ट असते. तिच्यातूनच नागरिकत्वाच्या जबाबदारीचे शिक्षण मिळते. या गोष्टी साधण्याकडे अभ्यासक्रमाचा उपयोग झाला पाहिजे. तेव्हा शास्त्र शिकविताना सहकार्यानि योजना आखणे, योग्य निर्णय घेणे, चुका झाल्या तर त्या सुधारणे, यशाचा आनंद मिळवणे, नवीन नवीन मार्ग शोधून काढणे व त्यांचे मूल्यमापन करणे इत्यादींची संधी मुलांना मिळाली पाहिजे.

मुलांच्या प्रत्येक प्रश्नाचे उत्तर देऊन टाकू नका किंवा वाचून प्रश्नाचे उत्तर शोधून काढण्यास सांगू नका. शास्त्रीय ज्ञान मुळात कसे मिळविले जाते? प्रयोग व निरीक्षण करून, ज्यांना माहित आहे त्यांना विचारून,

पुस्तकांत वाचून, चित्रपटांतून अशा अनेक मार्गांनी आपण ज्ञान मिळवतो. मुलांना या निरनिराळ्या मार्गांचा अवलंब करता आला पाहिजे. त्यांचा सराव झाला तरच

ही ज्ञान मिळविण्याची साधने त्यांच्या उपयोगी पडतील. त्या दृष्टीने प्रत्येक विषयाच्या अध्यापनाचे प्राथमिक शिक्षणात विशिष्ट कार्य आहे.

शास्त्र-शिक्षक

सर्व प्राथमिक शिक्षक शास्त्र शिकविण्यास पूर्णपणे लायक होईपर्यंत थांबावयाचे म्हटल्यास कधीच सुरुवात करता येणार नाही. प्राथमिक शाळेत शास्त्र हा विषय अत्यंत यशस्वीपणे हाताळणाऱ्या शिक्षकांनी प्रथम हाच विचार केला की : 'प्राथमिक शाळेच्या अभ्यासक्रमात शास्त्राचा समावेश करण्याचे महत्त्व मला पटलेले आहे. शास्त्राशिवाय तो अभ्यासक्रम पुरा होणार नाही. मला शास्त्र फारसे येत नसले तरी मुले कोणतीही गोष्ट कशी शिकतात ते मला माहित आहे. कुठल्याही प्रश्नाचे उत्तर शोधून काढण्यास मुलांना कशी मदत करावी हेही मला माहित आहे. तेव्हा त्यांच्या प्रश्नांची उत्तरे मला देता न आली तरी हरकत नाही.'

अशा शिक्षकांना पुष्कळ अडचणी येतात. त्यांना प्रथम शास्त्रीय ज्ञानाची पार्श्वभूमी तयार करून घ्यावी लागते. मग शास्त्र कसे शिकवावे ते शिकावे लागते. ते शिकविण्यास लागणारी उपकरणे व इतर साहित्य शोधून मिळवावे लागते. पण त्यांच्याजवळून दोन मुख्य गोष्टी उपलब्ध असतात. त्यांना शास्त्राचे महत्त्व कळते व मुले कोणतीही गोष्ट कशी शिकतात, हे त्यांना अनुभवाने माहित असते.

अशा पुष्कळशा शिक्षकांना पुढील सूचना उपयुक्त वाटतील :-

१. शास्त्राच्या अध्यापनाला आत्मविश्वासाने हात घाला. मंगळावरचा मनुष्य प्रथमच दृष्टीस पडला तर जशी भीती वाटेल तशी बाळगण्याचे कारण नाही. शास्त्र हा काही वेगळाच विषय आहे असे समजू नका. इतिहास, भूगोल, नागरिकशास्त्र, भाषा, कलाविषय किंवा अंकगणित यांपेक्षा शास्त्र हे काही फारसे भिन्न नाही. ते शिकवायला कठीणही नाही. किंबहुना मूर्त स्वरूपाच्या गोष्टींशी त्याचा संबंध येतो व पुष्कळशा मुलांना तो स्वाभाविकतः आवडतो. त्यामुळे शास्त्र शिकवणे काही दृष्टीने सोपेच आहे.

२. मुलांच्या एकूण एक प्रश्नांची उत्तरे आपणास देता येतील अशी अपेक्षा बाळगू नका. ती अपेक्षा पुरी होईपर्यंत थांबावयाचे ठरविले तर तुम्हाला सुरुवातच करता येणार नाही. नाही तरी शिक्षक मुलांना फार सांगत असतात. मुलांच्या मनाची तुम्हाला ओळख असली व तुम्ही त्यांना शिकायला मदत करू शकला म्हणजे तुमचे निम्मे काम झाले. मुलांच्या बरोबर आपणही शिकण्यात कमीपणा मानू नका. मुलांनाच स्वतःचे प्रश्न सोडविण्याची योजना आखू द्या व तुम्हीही त्यांच्याबरोबर शिका. अर्थात तुम्हाला थोडी फार शास्त्रीय माहिती असली पाहिजे. पण त्यात तुम्ही निष्णात असण्याचे कारण नाही. पुढे दिलेल्या सूचना शास्त्रीय पार्श्वभूमी तयार करण्यास उपयोगी पडतील.

३. शास्त्राचा कोणता विशिष्ट भाग शिकवावयाचा हे प्रथम ठरविले म्हणजे त्या वर्गाच्या मानाने योग्य अशा काही पाठ्यपुस्तकांतून तो भाग वाचून काढा. नंतर सामान्य विज्ञानाच्या अगर प्राणिवनस्पतिशास्त्राच्या चांगल्याशा माध्यमिक पाठ्यपुस्तकांतून तो भाग पुन्हा वाचून काढा, म्हणजे लहान मुलांना शास्त्र शिकविण्याची तुमची चांगली पूर्वतयारी होईल.

४. ह्या पुस्तकात सांगितलेले प्रयोग स्वतः करून पहा, म्हणजे साहित्याचा चांगला परिचय होईल. प्राथमिक विज्ञानातील प्रयोग करणे हे वाटते, तितके मुळीच कठीण नाही.

५. पुस्तकांत सुचविलेल्या करून पाहण्याच्या गोष्टी तुम्ही स्वतः करून पहा. पुस्तकात सुचविलेल्या सहली, निरीक्षण, प्रयोग, संग्रह, या सर्वांचा प्रत्यय घ्या. प्रत्यक्ष अनुभव घेणे, पाहणे यातून खरी प्रचिती येते. शहराचे पाणी कसे स्वच्छ केले जाते ते तुम्ही स्वतः पाहिले असेल तर मुलांमध्ये पाणीपुरवठ्यासंबंधीची माहिती मिळविण्याची खरी उत्सुकता व आवड तुम्ही मुलांच्यात निर्माण करू शकाल.

६. जवळपासच्या माध्यमिक शाळेतील किंवा

महाविद्यालयातील शास्त्राच्या शिक्षकांची ओळख करून घेऊन त्यांची मदत मिळवा. त्यांनी शास्त्राचा विशेष अभ्यास केलेला असल्यामुळे त्यांना पुष्कळ गोष्टींचे भरपूर ज्ञान असते. ते तुम्हाला उपयुक्त माहिती व सूचना देऊ शकतील व पुस्तके देऊन प्रयोगांसंबंधी मार्गदर्शन करतील.

पुष्कळ वेळा अपरिचित गोष्टींमुळे भांबावल्यासारखे होते. तेव्हा कोणत्याही साहित्याची जास्तीत जास्त माहिती मिळवा. वरील सूचना लक्षात ठेवल्या तर कोणताही नवीन शास्त्रीय विषय तुम्हांस आत्मविश्वासाने हाताळता येईल.

७. स्वतःजवळ पुरेसे साहित्य नाही म्हणून नाराज होऊ नका. तुम्हांला हव्या असलेल्या बहुतेक गोष्टी मुले आपापल्या घरून आणू शकतील. त्यांना न मिळणाऱ्या वस्तू तुम्हांला लोखंडी सामानाच्या अगर इतर दुकानांतून मिळू शकतील किंवा मोठ्या शाळेतून उसन्या आणता येतील. शाळेच्या आवारात अगर इमारतीची देखभाल करणाऱ्यांकडून काही वस्तू मिळू शकतील, तर काही साहित्य मुले स्वतः बनवू शकतील. गुंतागुंतीच्या रचना असलेल्या किंमतवान वस्तू प्राथमिक शाळेत निरुपयोगी असतात. इतकेच नव्हे तर ज्या शास्त्रीय प्रश्नांची उकल करण्याकरिता ते साहित्य उपयोगात आणावयाचे त्या प्रश्नाऐवजी त्या साहित्याकडेच मुलांचे लक्ष जास्त आकर्षिले गेल्यामुळे ते हानिकारकच ठरते.

८. मुलांना प्रयोग करून पाहू द्या. स्वतः शिकण्याचा त्यांचा तो एक मार्गच आहे. त्यांना तो आवडतोही. तुमच्या वर्गातील कर्तबगार विद्यार्थ्यांचा उपयोग साहित्य जमा करण्याकडे व उपकरणे तयार करण्याकडे करून घ्या.

मुले शास्त्र कसे शिकतात?

मुले इतर गोष्टी जशा शिकतात, तसेच शास्त्रही विविध मार्गांनी शिकतात. त्यांना आवड उत्पन्न झाली, त्याचे महत्त्व वाटले, त्यांच्या नजरेत भरले, त्यांना करून पाहण्यासारखे काही तरी त्यात असले, फार कठीण नाही पण विचाराला चालना मिळेल इतपत कठीण असले व त्यांची जिज्ञासा तृप्त करील व नवीन शिकल्याचे समाधान लाभेल असे असले म्हणजे मुले शास्त्र सहज शिकतात. हे केवळ शास्त्रापुरतेच नाही. अंकगणित, भाषा, कला अगर इतर कोणत्याही विषयाला हे सारखेच लागू आहे.

९. जो भाग तुमच्या चांगल्या परिचयाचा व शिकवायला अगदी सोपा वाटेल त्यापासून सुरुवात करा. काही लोकांचे म्हणणे असे आहे की, अभ्यासाची सुरुवात मुलांच्या प्रश्नांतूनच व्हावी. वरील सूचना ह्या तत्वाला सोडून आहे असे वाटेल; पण हे तत्त्वही सर्वमान्य नाही. तेव्हा तुम्हांला ज्या गोष्टीची विशेष माहिती आहे किंवा ज्या विशिष्ट क्षेत्रांत आवड निर्माण झाल्यामुळे तुमची पार्श्वभूमी तयार आहे, तेथून शास्त्राच्या अध्यापनाची सुरुवात करण्यास काहीच प्रत्यवाय नाही. त्यानंतर मुलांच्या सूचनांचा धागा घेऊन पुढे जाणे सोपे जाईल. तुमच्या मूळ कल्पनेप्रमाणे तुम्ही सुरुवात केली तरी अध्यापनाची पुढील योजना आखण्यात मुलांना भाग घेता येईल.

१०. वर्गात लावलेल्या पाठपुस्तकाला धरून शिक्षकांसाठी हस्त-पुस्तक तयार केलेले असेल तर त्याचा अवश्य उपयोग करा. तसेच शास्त्राच्या अध्यापनपद्धती विषयीची पुस्तकेही चाळा. त्यांतील अनुभवाने चांगल्या आढळलेल्या काही उपयुक्त सूचना तुम्हाला उपयोगी पडतील.

११. तुमच्या अध्यापनाची टाचणे, साहित्याबद्दलच्या नोंदी, मासिक व वार्षिक योजनापत्रक, वगैरे व्यवस्थितपणे राखून हाताशी ठेवा, म्हणजे तुम्हाला स्वतःला व इतर शिक्षकांनाही या गोष्टी उपयोगी पडतील. तोच भाग पुन्हा घेताना पूर्वी वापरलेले साहित्य हाताशी असले तर तयारी करण्यास सोपे जाते.

१२. इतर शिक्षकांशी चर्चा करून तुमच्या व त्यांच्या अनुभवांची देवघेव करा. अशा चर्चेचा यशप्राप्तीला फार उपयोग होतो.

मुलांकरिता कोणताही व्यवसाय निवडताना या सर्व गोष्टी विचारात घ्याव्या लागतात. त्या ध्यानात ठेवून मुले शास्त्र कसे शिकतात ते जरा बारकाईने पाहू.

प्रयोग

प्रयोग करून पाहणे हा शास्त्रीय तत्त्वे व सामान्य नियम शिकण्याचा एक मुख्य मार्ग आहे. हे प्रयोग सोपे असले पाहिजेत. प्रयोगाकरिता सहज उपलब्ध होणारे नेहमीच्या परिचयातले साहित्य सामान्यतः पुरेसे असते व शक्यतो तसेच वापरणे इष्ट असते. मुले स्वतःच प्रयोग काय करावयाचे ते ठरवू

शकतात व बऱ्याच वेळा त्यांना लागणारे साहित्य घरून आणतात, कारण त्यांना प्रयोग करून पाहण्यात उत्साह वाटतो.

यासंबंधी काही गोष्टी लक्षात ठेवण्यासारख्या आहेत.

१. मुलांच्या विचारांना चालना मिळेल अशा रीतीने प्रयोग करावेत.

२. प्रयोगाच्या हेतूची मुलांना स्पष्ट जाणीव हवी. प्रयोग कशाकरिता आहे हे सरळ व सोप्या भाषेत फळ्यावर लिहून ठेवणे इष्ट असते. मुलांनी स्वतःच सुचवलेल्या एखाद्या प्रश्नाचे उत्तर शोधावयाचे असेल तर ते काम जास्त सोपे होते. उदाहरणार्थ, हिवाळ्यात सकाळी मुले शाळेत आली त्या वेळी रस्त्यावर हिम पडून निसरडे झालेले होते. शाळेच्या पायऱ्यांवरील बर्फ वितळून जावे म्हणून शिपायाने पायऱ्यांवर मीठ विखरून टाकले होते. * त्या मिठामुळे बर्फावर काय परिणाम होतो व तो का होतो हा मुलांना प्रश्न पडला. त्याचे उत्तर शोधून काढण्याकरिता स्वतः प्रयोग करून पाहण्याचे मुलांनी ठरविले. हा प्रयोग आपण का करतो हे त्यांना स्पष्ट माहीत असल्यामुळे समाधानकारक उत्तर मिळेपर्यंत तो प्रयोग तडीला नेऊन पुरा करण्याचा ते प्रयत्न करतील. पाठ्यपुस्तकावरूनही अनेक प्रयोग सुचतील. परंतु त्यांची कृती शक्यतो विद्यार्थ्यांनी आखली पाहिजे.

३. प्रयोग यशस्वी होण्यास त्यांची योजना काळजीपूर्वक तयार केली पाहिजे. शक्य तर प्रयोगाच्या उपकरणांची जमवाजमव विद्यार्थ्यांनीच करावी. काय कृती करावयाची ती नीट ठरविली पाहिजे. त्याप्रमाणे काटेकोरपणे प्रयोग व्यवस्थित करित गेले म्हणजे अखेरचा निर्णय खात्रीलायक समजून स्वीकारता येईल.

४. शक्यतो प्रयोग मुलांनीच करावेत. ते एकेकट्याने अगर गटाने करता येतील. हे अर्थातच प्रयोगाला किती साहित्य लागेल व त्याचे किती संच मिळू शकतील यावर अवलंबून राहिल. ज्या प्रयोगात विस्तवाचा अगर दुसरा कसलाही धोका असेल किंवा गुंतागुंतीचे प्रयोग शिक्षकाने स्वतःच करून दाखविले पाहिजेत.

* हे उदाहरण हिम पडणाऱ्या थंड प्रदेशातील आहे. आपल्याकडे पाऊस पडून निसरडे झाले तर वाळू टाकतात. अशी अनेक उदाहरणे शिक्षकांना सहज सुचतील.

५. स्वतःला पडलेले प्रश्न सोडविण्याकरिता पुष्कळदा मुले स्वतःच काय प्रयोग करावयाचा ते सुचवतात. सर्वच दृष्टींनी हे हितावह असते. जे करण्यास खूप गुंतागुंतीचे साहित्य लागत असेल तेच शास्त्रीय प्रयोग, अशी काही शिक्षकांची समजूत असते. तसेच त्यांचे वर्णन शास्त्रीय पुस्तकांत आढळले पाहिजे, असे त्यांना वाटते. पण हे बरोबर नाही. काही प्रयोग पुस्तकात आढळतील, तर काही आढळणार नाही.

६. प्रयोग करावयाचे ते नीट, काळजीपूर्वक पुस्तकातील वर्णनास धरून अगर विद्यार्थ्यांनी अगोदर मुक्रर केलेल्या कृतीनुसार करावेत.

७. प्रयोग करित असताना काय काय होत आहे, त्याचे बारकाईने अवलोकन झाले पाहिजे म्हणजेच खात्रीलायक अनुमान निघू शकेल. उदाहरणार्थ, पाने हवेत पाणी सोडतात किंवा नाही हे पहावयाचे आहे. लहानशा रोपावर एक काचेची हंडी उपडी ठेवून खालच्या मातीचा संबंध हवेशी येणार नाही अशी व्यवस्था केली व नेहमीचा प्रयोग मुलांनी करून पाहिला. दुसऱ्या दिवशी सकाळी हंडीच्या आतील पृष्ठभागावर पाण्याचे बिंदू दिसून आले. मुलांना लगेच वाटेल की, आपल्या प्रश्नाचे उत्तर मिळाले. पण हंडीतील हवेतून हे पाण्याचे बिंदू आले नसतील कशावरून? ही खात्री करून घेण्याकरिता माती असलेली कुंडी, हंडी, असे सर्व साहित्य असलेला दुसरा संच घेतला; फक्त त्यात झाडाचे रोप ठेवले नाही. दोन्ही कुंड्यांचे दुसऱ्या दिवशी परीक्षण केले. आता रोप असलेल्या कुंडीवरील हंडीच्या आतल्या पृष्ठभागावर पाण्याचे बिंदू दिसले व रोप नसलेल्या कुंडीवरील हंडीच्या आतील पृष्ठभागावर पाण्याचे बिंदू आढळले नाहीत, तर ते पाणी पानांतून निघाले असले पाहिजे असे अनुमान काढता येईल. असे तुलनात्मक प्रयोग मुलांना शास्त्रीय दृष्टी देण्यास व प्रयोगाचे खरे महत्त्व पटवून देण्यास आवश्यक असतात. त्याचप्रमाणे अखेरचे अनुमान काढण्यापूर्वी तोच प्रयोग वारंवार करून खात्री करून घेणेही अवश्य असते. (पुढील ९ आकडाही पहा.)

८. प्राथमिक शाळेत गुंतागुंतीचे साहित्य वापरण्यापेक्षा साधी उपकरणे वापरणेच युक्त ठरते. पूर्वी सांगितल्याप्रमाणे महाविद्यालयातून किंवा माध्यमिक शाळेतून उसऱ्या आणलेल्या जास्त गुंतागुंतीच्या साहित्यामुळे मुलांचे लक्ष

प्रयोगाच्या खऱ्या मुद्द्यावरून भलतीकडेच वेधले जाते.

९. कोणत्याही प्रयोगावरून अनुमान काढताना विद्यार्थ्यांनी काळजी घेतली पाहिजे. एखादा प्रयोग केवळ एकदा करून पाहिला तर त्यावरून काहीही सिद्ध होत नाही. त्यावरून काढलेले अनुमान केवळ तात्पुरते (संभवनीय) म्हणूनच समजले पाहिजे. पुन्हा प्रयोग करून पडताळा पाहिल्यावर अगर विश्वासाह पुस्तकावरून खात्री करून घेतली म्हणजे मगच ते अनुमान तत्त्व म्हणून स्वीकारता येईल. अशा अनुमानाचे किंवा सिद्धांताचे विधान काटेकोर व पूर्ण भाषेत मांडले पाहिजे.

१०. दररोजच्या जीवनात जे प्रसंग उद्भवतात व प्रश्न उभे राहतात, त्यांच्या संबंधांत कोणत्याही प्रयोगाचा उपयोग जास्तीत जास्त कसा होतो ते पाहिले पाहिजे. हे कठीण असले तरी शास्त्राच्या अभ्यासाचा तो एक मुख्य उद्देश आहे. कोणताही प्रयोग करून पाहिला म्हणजे त्याच्या उपयुक्ततेची फक्त पहिली पायरी आपण गाठली. उदाहरणार्थ, लोखंड गंजते हा प्रयोग करून पाहिल्यानंतर लोखंडी जिनसा गंजू नयेत म्हणून काय करता येईल असा प्रश्न मुलांच्या मनात येईल. मग एक लोखंडी खिळा ओला करून ठेवला व दुसरा एक तसलाच रंगवलेला खिळा ओला करून ठेवण्याचा प्रयोग केला. त्यात रंगवलेला खिळा गंजला नाही, न रंगवलेला खिळा मात्र गंजल्याचे आढळून आले. आता हे तत्त्व रोजच्या जीवनात कुठे उपयोगी पडते? शाळेत, घरात, शाळेच्या चाटेवर अगर दुसऱ्या कोठे याची काही उदाहरणे आढळतात काय? ह्या कल्पना अनुभवाने स्पष्ट करण्याकरिताच वरील प्रयोग केला. त्यातील तत्त्व किती महत्त्वाचे आहे व किती उपयुक्त आहे याची जाणीव मुलांनी अनेक उदाहरणे पाहिली म्हणजे होईल.

स्वतः प्रयोग करून असे ज्ञान मिळविण्यास मुलांना शिकविणे कठीण नाही. मुलांनी प्रयोग करून पाहवायाचे ते शास्त्रज्ञ शोध लावून प्रथमच माहिती मिळविण्याकरिता संशोधन करतात तसे नसतात तर शास्त्रीय तत्त्वे समजावून घेण्याकरिता, पडताळून पाहण्याकरिता असतात.

वाचन

शास्त्र शिकण्याच्या अनेकविध मार्गांमध्ये वाचनाचा दर्जा बराच वर लागेल. दुर्दैवाने शास्त्राच्या काही तासांत दुसरे काहीच न करता केवळ वाचनच घेतले जाते; तथापि

वाचन हा शास्त्रीय ज्ञान मिळविण्याचा एक मार्ग असल्याने त्याचा परिणामकारक उपयोग करून घेण्याकरिता विचारपूर्वक योजना आखली पाहिजे. निरनिराळ्या वर्गातील विद्यार्थ्यांच्या पातळीला अनुरूप अशा भाषेत लिहिलेले बिनचूक शास्त्रीय वाचनसाहित्य पुरवून ते वाचण्यास मुलांना मदत देण्यासाठी मार्गदर्शन करणे जरूर आहे. याबाबतीत खालील विचार महत्त्वाचे ठरतील.

१. वाचताना येणाऱ्या कल्पनात्म्य गोष्टी आणि खरी वस्तुस्थिती यांमधील फरक पटण्याचे शास्त्रवर्ग हे उत्तम ठिकाण आहे. काही पुस्तके केवळ करमणुकीखातर वाचावयाची असतात, तर काही ज्ञान मिळविण्याकरता असतात, हा फरक मुलांना समजला पाहिजे. जे काय वाचले त्याची सत्यता पारखून घेण्यास त्यांनी शिकले पाहिजे. साहित्याबद्दल अशा तऱ्हेने निर्णय घेताना काळजी घेण्यास शिकले पाहिजे. पुस्तकातील एखादी गोष्ट खात्रीलायक पुस्तकावरून अगर पुराव्यावरून खरी ठरली तरी त्यावरून ते सर्व पुस्तक बिनचूक आहे, असे ठरविता येणार नाही. एखाद्या छापलेल्या पानातील चूक शोधून काढणे बोधकारक ठरेल. जे काही छापलेले आहे ते खरे असलेच पाहिजे असे नाही, हा मोलाचा धडा मुले शिकतील.

२. वाचनाला काहीतरी विशिष्ट हेतू असला पाहिजे. उदाहरणार्थ आपले अनुमान अथवा निर्णय पडताळून पाहणे, माहिती मिळविणे, एखादा प्रयोग कसा करावा हे समजावून घेणे, एखाद्या प्रश्नांचे उत्तर शोधून काढणे अगर अडचणीतून मार्ग शोधून काढणे.

३. एखाद्या विशिष्ट विषयासंबंधी जितके विविध प्रकारचे वाचनसाहित्य उपलब्ध करून देता येईल तितके चांगले. त्यामधून भरपूर माहिती मिळून निरनिराळ्या दृष्टिकोनांतून त्या विषयाची ओळख होईल.

४. स्वतः एकट्याने बारकाईने वाचून एखादी गोष्ट आत्मसात करणे हे एक प्रकारचे साधे 'संशोधनच' होय. शास्त्राच्या विद्यार्थ्यांना याची फार जरूरी असते. अशा वाचनात बारकाईची टिपणे करणे महत्त्वाचे असते. त्या टिपणांचा उपयोग वर्गाला अहवाल सादर करतेवेळी चांगला होतो.

५. वाचनाचे साहित्य विषयाला अनुरूप असावे, असे योग्य साहित्य निवडण्याची जबाबदारी मुख्यतः शिक्षकाची असली तरी त्याबाबत मुलांची मदतही घेतली पाहिजे.

फार कठीण किंवा फार सोपे साहित्य असेल किंवा त्यातून मुलांच्या प्रश्नांची नेमकी उत्तरे मिळत नसल्यामुळे अयोग्य असेल तर ते वाचनप्यास मुलांना उत्साह वाटणार नाही. ज्या मुलांना सावकाश समजते किंवा जी वाचताना अडखळतात, त्यांच्याकरिता योग्य साहित्य निवडण्याची विशेष काळजी घेतली पाहिजे.

वाचनात कौशल्य मिळविणे व शास्त्र शिकणे या दोन्ही गोष्टी बरोबरच साधू शकतील. परंतु शास्त्राच्या अभ्यासात वाचन हे फक्त एक साधन आहे. त्यावर फाजील भर देण्याने शास्त्राच्या अभ्यासाच्या काही मूलभूत उद्देशांकडे दुर्लक्ष होईल.

शास्त्राचा खरा अभ्यास होऊन त्यापासून आनंद लाभावयाचा व मुलांच्या जीवनात त्याचे प्रत्यक्ष कार्य घडावयाचे तर ते शास्त्र पुस्तकांतून अलग झाले पाहिजे व मुलांना रोजच्या जीवनात त्याची प्रत्यक्ष प्रचिती आली पाहिजे. पाठ्यपुस्तक हे फक्त उत्कृष्ट मार्गदर्शन करू शकेल. प्रथम विद्यार्थी व शिक्षक निरनिराळे प्रश्न उपस्थित करतील. ते कसे सोडवता येतील हे सर्वांनी मिळून ठरविले जाईल. त्यानंतर वाचनाचा चांगला उपयोग होऊ शकेल. पाठ्यपुस्तकांतून बरीच माहिती मिळू शकेल. पण 'पान १८ काढा, २४ पानापर्यंत वाचा, मग काय वाचले त्याबद्दल आपण बोलू,' ही त्याची पद्धत नव्हे.

निरीक्षण

शास्त्राच्या अध्यापनात निरीक्षण हा एक महत्त्वाचा भाग असतो. मुलांना ज्ञानेन्द्रियांच्याद्वारे अनेक गोष्टींचा अनुभव मिळवावयाचा असतो. एखाद्या वस्तूचा पोत स्पर्शाने समजतो. विजेरीतील विजेच्या प्रवाहाने तार तापली तर तिची उष्णता हाताला समजेल. ढगांचे निरनिराळे आकार, सावल्यांची कमीजास्त लांबी, पक्ष्यांचे आवाज, अशा अनेक गोष्टी निरीक्षणाने ध्यानात येतात व त्यांचा शास्त्रीय ज्ञानात समावेश होतो. अशा निरीक्षणाने ते ज्ञान सुस्पष्ट होते.

निरनिराळ्या वस्तूंचे गुणधर्म निश्चित करण्यास सजीव गोष्टींची वाढ व त्यातील फरक पाहण्यास, प्राण्यांच्या सवयींचा अभ्यास करण्यास अगर निरनिराळ्या प्रयोगांचा निर्णय नोंदून ठेवण्यास बारकाईच्या निरीक्षणाची जरूरी असते. हे निरीक्षण बिनचूक करावयास आणि आढळलेल्या गोष्टींचा काळजीपूर्वक अहवाल तयार करण्यास मुलांनी शिकले पाहिजे.

असे बिनचूक निरीक्षण करणे व अहवाल तयार करणे हे फार महत्त्वाचे आहे. त्याच्याशिवाय प्रयोगाची किंमत शून्य. सहली अगर दृक्साधनेही निरुपयोगी ठरतील. ज्या मुलांना या निरीक्षण-पद्धतीची माहिती सुरुवातीपासून झालेली असेल, त्यांना शास्त्राच्या अभ्यासात इतरापेक्षा पुष्कळच जास्त फायदा मिळेल.

सहली

प्राथमिक विज्ञानात निरनिराळ्या प्रश्नांची उत्तरे शोधून काढण्याकरिता, माहिती मिळविण्याकरिता, तसेच शास्त्रीय चमत्कारांच्या रसग्रहणाकरिता सहलींचे फार महत्त्व आहे. उद्यान, प्राणिसंग्रहालय, टेलिफोन एक्सचेंज, लाकडे कापण्याची गिरणी, पाणी शुद्ध करण्याची यंत्रसामग्री, भातशेत, वगैरे ठिकाणे शाळेपासून फार दूर नसल्यास शिक्षक मुलांना सहलीस नेऊ शकतात. या सहलींची व्यवस्थित योजना आखून त्यांचा मूळ उद्देश लक्षात ठेवला नाही, तर शिक्षकाला डोकेदुखी, मुलांना निव्वळ गंमत आणि तेथील लोकांना उपद्रव इतकेच पदरात पडेल.

ज्या सहलींमुळे मुलांच्या विवक्षित प्रश्नांची उत्तरे प्रत्यक्ष पाहणीने त्यांना मिळू शकतील, अशाच सहली काढण्यात याव्यात व त्या विशेष उद्देशानेच काढण्यात याव्यात. मुलांना ते उद्देश स्पष्टपणे माहित असावेत व त्यांच्याबरोबर जाणाऱ्या मार्गदर्शकाला मुलांना काय पहावयाचे आहे, काय शिकावयाचे आहे ते माहित असले पाहिजे, त्याकरिता शिक्षकाने स्वतः अगोदर त्या ठिकाणी जाऊन मार्गदर्शकाची गाठ घ्यावी. सर्व गट एकत्र राहण्यास त्याने मदत करावी आणि मुलांना पाहण्यास व प्रश्न विचारण्यास भरपूर संधी मिळेल अशी योजना करावी.

केवळ काहीतरी करावयाचे म्हणून सहल काढावयाची असे न होता विषयाच्या अभ्यासाचा तो एक जिवंत भाग झाला पाहिजे. शास्त्रशिक्षणात सहल हा एक अत्यंत महत्त्वाचा भाग होऊ शकेल अगर निरर्थक कालापव्यय ठरेल. तेव्हा प्रत्यक्ष सहलीत जाईल त्यापेक्षा जास्त वेळ तिच्या पूर्वतयारीत व नंतरच्या समालोचनात गेला पाहिजे, असे म्हणणे वाजवी ठरेल.

दृक्शिक्षणाची साधने

शास्त्रीय विषयाचे चित्रीकरण (चलच्चित्रपट अगर इतर) पाहून अनेक शास्त्रीय गोष्टी मुले शिकतात. त्यामुळे प्राथमिक

शाळेतील शास्त्राच्या अध्यापनात दृक्साधनांचा उपयोग करण्यासंबंधी पुष्कळ ऊहापोह झालेला आहे. सध्या उपलब्ध असलेली काही साधने वापरली नाहीत, तर शास्त्रीय शिक्षण अपुरे राहिल; परंतु ती साधने कशी वापरली जातात यावर सर्व अवलंबून राहिल. अशी साधने अनेक असून सरकपट्ट्या (स्लाइड फिल्म), चलचित्रपट ही त्यापैकी फक्त एक होत. इतर अनेक महत्त्वाची साधने आहेत.

चलचित्रपट व सरकपट्ट्या वापरण्यासंबंधी काही महत्त्वाच्या सूचना येथे दिल्या आहेत.

१. एखाद्या पुस्तकाच्या निवडीइतकीच फिल्मची निवड ही महत्त्वाची असते. माध्यमिक शाळेतील किंवा वरच्या वर्गातील मुलांकरिता तयार केलेल्या फिल्म प्राथमिक शाळेतील मुलांकरिता सामान्यतः निरुपयोगी ठरतात. नेमका ज्या प्रश्नाचा अभ्यास करावयाचा त्याला धरून असलेल्या व विशिष्ट वयाच्या मुलांकरिता तयार केलेल्या फिल्मची काळजीपूर्वक निवड केली पाहिजे.

२. शिक्षकाने व विद्यार्थ्यांच्या लहानशा समितीने फिल्म अगोदर पाहून ती दाखविण्याकरिता योग्य पूर्वतयारी करावी. फिल्म अगोदर पाहिल्याने तिचा उपयोग चांगल्या तऱ्हेने कसा होऊ शकेल व ती केव्हा दाखवावी हे ठरविण्यास मदत होते; कारण एखादी फिल्म एखाद्या विषयाच्या अभ्यासाच्या सुरुवातीला दाखवता येईल. एखादी मध्ये तर एखादी शेवटी दाखविणे योग्य ठरेल. एखादी २-३ वेळा पुन्हा पुन्हा दाखवून निराळ्या प्रकारे उपयोगी पडू शकेल.

३. फिल्म दाखविण्यापूर्वी वर्गाची पूर्वतयारी करावी. फिल्ममध्ये काय पाहावयाचे व ती कशाकरिता पाहावयाची याची मुलांना आगाऊ कल्पना असली पाहिजे.

४. फिल्म पाहिल्यानंतर ती बदल चर्चा करणे अवश्य आहे. या चर्चेत प्रश्न विचारले जातात, कल्पना स्पष्ट केल्या जातात व आणखी स्पष्टीकरण दिले जाते.

५. फिल्म केवळ करमणुकीखातर दाखविली जात नसून काहीतरी शिकण्याकरिता आहे हे मुलांना स्पष्टपणे समजावे याकरिता प्रयत्न झाला पाहिजे.

प्राथमिक विज्ञानात चलचित्रपट व सरकपट्टी हा दृक्शिक्षणाच्या साहित्याचा फक्त एक प्रकार झाला. त्या मानाने निरनिराळ्या मासिकांतील चित्रे वगैरेच्या उपयोगाकडे

पुष्कळसे दुर्लक्ष होते. पुष्कळ शाळांमध्ये शिक्षक, विद्यार्थी व पालक यांच्या सहकार्याने शिकविण्यास अत्यंत उपयोगी असा चित्रसंग्रह जमा केलेला आहे.

उदाहरणार्थ, प्राणी कसे वाढतात, भोवतालच्या परिस्थितीप्रमाणे कसे बदलतात, ते कोठे राहतात, काय खातात, ते चित्रांमध्ये दिसून येते. तसेच विजेचे उपयोग, यंत्रे, बृहद्दर्शक भिंगे, शक्तीची निरनिराळी स्वरूपे वगैरे माहिती चित्रांवरून समजेल. हे चित्रसंग्रह म्हणजे निव्वळ चित्रांचा भारा असून नये तर काहीतरी विशिष्ट कल्पना स्पष्ट करण्याकरिता ती हेतुपूर्वक जमविलेली असावीत.

कल्पना स्पष्ट करण्यास प्रतिमांचा (मॉडेल) चांगला उपयोग होतो व त्याकरिताच त्या वापरल्यात. पुष्कळदा प्राथमिक विज्ञानाच्या वर्गात प्रतिमा करतात, त्यात निव्वळ कालापव्यय होतो. उदाहरणार्थ, प्राथमिक शाळेत फुलाचे विभाग दाखविण्याकरिता मेणाची प्रतिमा तयार करण्याचा फारसा उपयोग नाही, कारण फुलाच्या विभागांच्या बारकाईच्या माहितीची त्या वर्गात जरूरी नसते. उलटपक्षी सूर्यमालिकेचा नमुना दाखविल्यास कित्येक कठीण गोष्टी मुलांना सहज समजावून देता येतील. ग्रहांच्या आकारमानाची तुलना, त्यांचे एकमेकांपासूनचे अंतर यांची कल्पना स्पष्ट होऊन आकारमान व अंतराळ यासंबंधीच्या कल्पनेची थोडीशी सुरुवात करून देता येईल. कुठल्याही शैक्षणिक साधनांचा हेतू लक्षात घेतला पाहिजे. नमुने तयार करतानाही काय साध्य आहे हे पाहिले पाहिजे. हवामानाच्या निरीक्षणाची साधने अगर समतोल खेळणी यांचे नमुने तयार करताना मुलांना त्या विषयाचे खरे ज्ञान मिळण्यास फार मदत होईल.

तेव्हा अनेक निरनिराळ्या प्रकारच्या व्यवसायांमधून विद्यार्थी शास्त्र शिकू शकतात. आपल्याला काय साधावयाचे त्यावर कोणता व्यवसाय घ्यावयाचा, ते अवलंबून राहिल. जे काम करावयाचे ते विषयाच्या स्पष्टीकरणाकरिता, आवड निर्माण करण्याकरिता, रसग्रहणाकरिता केले पाहिजे; निव्वळ काहीतरी करावयाचे म्हणून करता कामा नये. त्या व्यवसायांतून कुठले तरी शास्त्रीय तत्त्व किंवा कल्पना स्पष्ट होण्यास व शास्त्राची आवड निर्माण होण्यास मदत झाली पाहिजे. त्या व्यवसायात मुलांचे मन व हात दोन्ही गुंतली पाहिजेत.

शास्त्राच्या अध्यापनाची साधने

आपला अभ्यासक्रम मुलांच्या दृष्टीने जास्त जिवंत व अर्थपूर्ण व्हावा असे नेहमी सांगितले जाते. पुष्कळदा विषय व तो शिकविण्याच्या पद्धती यांमुळे हाताशी असलेल्या निकटच्या गोष्टीही अपरिचित आणि दूरच्या वादू लागतात कारण मुलांच्या अनुभवांशी त्यांची सांगड घातली जात नाही. कोणत्याही दोन ठिकाणी नेमकी तीच साधने मिळणार नाहीत. तेव्हा एखाद्या ग्रामीण विभागात उपलब्ध असणाऱ्या सर्व साधनांची यादी करण्यात अर्थ नाही.

येथे दिलेल्या साधनांच्या निरनिराळ्या प्रकारांचा उपयोग तीन तऱ्हांनी होऊ शकतो. जिज्ञासू विद्यार्थ्यांना अधिक प्रश्न विचारण्यास प्रोत्साहन मिळते, मुलांना त्यांच्या प्रश्नांची उत्तरे मिळतात व शास्त्रीय विचार जास्त सुस्पष्ट होतात.

साधने

पुढील पानांत स्थानिक साधनांची काही उदाहरणे दिली असून त्यांच्या उपयोगासंबंधी सूचना दिल्या आहेत.

१. वाळू काढण्याचे खडे अगर दगडाच्या खाणी यांपासून शिकण्याच्या गोष्टी : काळानुरूप पृथ्वीचा पृष्ठभाग कसा बदलत जातो; पृथ्वीच्या पृष्ठभागात मिळणाऱ्या वस्तूंचा उपयोग मनुष्य कसा करतो; भूगर्भात आढळणाऱ्या वस्तूंच्या निरीक्षणाचा पृथ्वीच्या कालगणनेला व हवामानातील फरकाच्या अभ्यासाला कसा उपयोग होतो; मनुष्याने स्वतःच्या उपयोगाकरिता निरनिराळी यंत्रे कशी बनविली आहेत; पुरातन काळातील प्राण्यांच्या अभ्यासाकरिता निखातके (फॉसिल्स) शोधणे.

उपयोग : निरीक्षणाकरिता व वस्तू जमविण्याकरिता सहल न्यावी; त्या ठिकाणच्या मालकाला माल कसा काढतात, तो विकावयास कसा पाठवितात, धोका टाळण्याकरिता कोणकोणती काळजी घेतात, वगैरे माहिती सांगण्यास विनंती करावी.

२. शाळेच्या जवळ दाट झाडी अगर जंगलाचा भाग असल्यास त्यापासून शिकण्याच्या गोष्टी : ऋतुमानात होणाऱ्या बदलाबरोबरच प्राणी व वनस्पती यात होणारे फेरफार; प्राणी कोठे राहतात हे शोधून काढणे; प्राणी व वनस्पती यांचे जीवन एकमेकांवर कसे अवलंबून असते हे पाहणे; दमटपणा, उष्णमान, सूर्यप्रकाश या

भौतिक वातावरणातील गोष्टींचा सजीव सृष्टीवर होणारा परिणाम; उपयुक्त आणि हानिकारक प्राणी व वनस्पती यांची उदाहरणे शोधून काढणे; निसर्गातील चमत्कारांचे गुणग्रहण; जंगलसंरक्षणाच्या निरनिराळ्या बाजूंचा अभ्यास.

उपयोग : निरीक्षणाकरिता व वस्तू जमविण्याकरिता सहल काढावी. निवडक वस्तू वर्गात आणाव्यात.

३. आगीने जळलेली जागा (रस्त्याच्या कडेची, शेतातील अगर जंगलातील) : वनस्पती व प्राणी यांवर आगीने होणाऱ्या परिणामांचे निरीक्षण करणे; आग लागण्याची कारणे शोधून काढणे; आगीपासून नुकसान होत असल्यास आग लागू नये म्हणून योजावयाच्या उपायांसंबंधी जिज्ञासा उत्पन्न करणे; आग थांबवण्याच्या मार्गांचा अभ्यास; आगीनंतर त्या ठिकाणी पुन्हा जीवन कसे सुरू होते याचे निरीक्षण; अशा जागेचे पुनर्वसन होण्यास किती काळ लागतो त्याची नोंद; आगीने त्या ठिकाणच्या धुपणीवर काय परिणाम होतो.

उपयोग : आगीचा परिणाम पाहण्याकरिता त्या ठिकाणास भेट देणे; आगीमुळे नाश पावलेल्या वस्तू जमवून त्यांचे निरीक्षण करणे.

४. आसपासचे शेत : जमिनीची झीज होत असते याबद्दल पुरावा जमविणे; जमीन धुपून जाण्याची सुरुवात कशी होते व ती झीज थांबवत कशी येईल; पानांची मांडणी, मुळांची लांबी व रचना आणि पानांचा पोत वगैरे बाबतीत वनस्पती भोवतालच्या परिस्थितीशी जुळणी कशी करून घेतात; परिस्थितिनुरूप कीटकांत होणाऱ्या फेरफारांचे निरीक्षण; उपयुक्त अगर हानिकारक कीटक व हानिकारक असलेल्यांचा नाश कसा करतात; शेताची मशागत होत असताना पिकाची काळजी कशी घेतली जाते; ओलावा कसा टिकविला जातो; शेतातील उंच व सखल भागातील दमटपणाची तुलना, जेथे जास्त ओलावा असेल तेथील पिकांत आढळणारा फरक.

उपयोग : वनस्पतींच्या निरीक्षणासाठी शेतावर जा, काही वनस्पती उपटून अभ्यासाकरिता घेऊन या; बारकाईने पाहणी व अभ्यास करण्याकरिता काही कीटक जमवा; एखाद्या अनुभवी शेतकऱ्याला तण व कीड यांपासून संरक्षण

कसे करावे यासंबंधी माहिती देण्यास सांगून चर्चा करा.

५. इमारतीचे चाललेले बांधकाम : विजेच्या तारा कशा बसवतात; बांधकामातील निरनिराळे जिन्नस कसे वापरतात; पाया खणताना लागलेल्या निरनिराळ्या मातीचे परीक्षण व बागेतल्या मातीशी तिची तुलना; मैल्याचा व सांडपाण्याचा निकाल कसा केला जातो.

उपयोग : बांधकामास लागणाऱ्या निरनिराळ्या वस्तू जमवून त्यांचे परीक्षण; मातीचे व इतर मालाचे नमुने; विजेच्या तारा बसविणारे, ड्रेनेजच्या नळ्या बसविणारे, वगैरे निरनिराळे कामगार काम करीत असतील त्यांच्याकडून त्यांच्या कामाची माहिती मिळविणे; एखादी मोठी अगर नळीची विहीर खणण्याचे काम होणार असेल तर तिची जागा कशी निवडतात व ती खणण्याचे अगर यंत्राने भोक पाडण्याचे काम कसे होते; सांडपाणी व मैला यांच्या निकालाची तरतूद, मैल्याचा हौद, त्याची जागा व घरांतील आणि बाहेरील नळांची जोडणी; संडास घरापासून दूर असेल तर त्याची जागा विहिरीच्या कोणत्या दिशेला आहे व त्या जागेची निवड का केली?

६. लाकूड कापण्याची गिरणी : कापण्याकरिता झाडांची निवड कशी करतात; लाकूड टिकविण्याकरिता काय करतात; कोणती झाडे जास्त मूल्यवान समजली जातात व का; यंत्रसामग्रीचा उपयोग कसा करतात; झाडांची तोड कशी करतात व तोडलेल्या लाकडावर काय प्रक्रिया करतात; झाडांची तोड झाल्यावर तेथील प्राणी व वनस्पती यांच्या जीवनावर होणाऱ्या फेरफारांची पाहणी.

उपयोग : लाकूड कापण्याच्या गिरणीला भेट देऊन तेथील निरनिराळ्या कामांची पाहणी; लाकडाचे नमुने आणून झाडाच्या वाढीची वर्तुळे तपासून त्यावरून वय ठरविणे; जंगलात तोड चालते त्या ठिकाणी हिंडून झाडे कशी कापतात ते पाहणे; यंत्राचा उपयोग होत असल्यास त्यामुळे काम कसे सोपे होते ते पाहणे.

७. शेती : अन्न साठविण्याच्या व त्याचे संरक्षण करण्याच्या निरनिराळ्या पद्धती; पशूंची निगा; बागेतील भाजी व फुले यांची निगा; घर, शेत, कोठार, बाग, फळबाग यांमध्ये उपयोगात येणारी निरनिराळी यंत्रे; इमारती व आवार यांमध्ये आग लागू नये व अपघात होऊ नयेत म्हणून घेतलेली काळजी.

उपयोग : शास्त्रीय उपकरणांचा उपयोग कसा केला जातो त्याची पाहणी, विद्यार्थ्यांची घरांमध्ये उपयोगात आणल्या गेलेल्या शास्त्रीय तत्वांची व उपकरणांची नोंद करून अहवाल सादर करावा.

८. भाजीपाल्याची व फुलांची बाग : सूर्यप्रकाश, ओलावा व जीवनास लागणाऱ्या इतर गोष्टी वनस्पती कशा मिळवितात त्याचा अभ्यास; लावणी करण्याकरिता जमीन कशी तयार करतात; रोपे कशी लावतात व बी कसे पेरतात; फुलांमध्ये परागधारणा व मिश्र पराग धारणा (सेल्फ अँड क्रॉस पॉलिनेशन) कशी होते; बीमध्ये मोड कसा येतो व कसा वाढतो; निरनिराळ्या पिकांना कोणकोणती जमीन लागते व मातीची परीक्षा कशी करतात; वनस्पती अन्न कसे साठवतात व ऋतुमानाप्रमाणे त्यांमध्ये फरक कसा होतो?

उपयोग : वनस्पती व त्यांच्या वाढीची पद्धती पाहण्याकरिता बागेला भेट; बी व त्याचा प्रसार दाखविणाऱ्या निरनिराळ्या शेंगांचा व फळांचा संग्रह; रोपे कशी वाढतात हे पाहण्याकरिता वर्गात बी रुजविणे; प्रकाश, उष्णता व दमटपणा यांचा वनस्पतींच्या वाढीवर होणारा परिणाम पाहण्याकरिता प्रयोग करणे. शक्य तर वनस्पतींच्या वाढीचा अभ्यास करण्याकरिता शाळेची लहानशी बाग तयार करावी.

९. मधुमक्षिक पालन केंद्र : मधमाश्यांची निगा कशी ठेवतात ते पाहणे, पोळी कशी तयार करतात व थंडी-पावसाकरिता काय पूर्वतयारी करतात; मधमाश्यांचा थवा स्थलांतर करतो, त्या वेळी काय घडते; त्यांना बिनधोकपणे कसे हाताळता येते व मनुष्याला त्यांचा काय उपयोग होतो; मधमाश्यांचे कार्य कसे चालते व त्यांच्या पोळ्यांतील जीवन व्यवहार कसे चालतात; तसेच थवा करून राहणाऱ्या व मनुष्याला उपयोगी पडणाऱ्या कीटकांचे उदाहरण म्हणून मधमाश्यांचे निरीक्षण.

उपयोग : मधमाश्यांच्या केंद्रात काय काम चालते हे पाहण्यास जा. तेथील व्यवस्थापकांना मधमाश्यांच्या जीवनाविषयी प्रश्न विचारून माहिती घ्या. मेलेल्या मधमाशीचे भिंगातून अगर बृहदर्शकांतून निरीक्षण करा.

१०. शाळेच्या आवारातील झाड : ऋतुपरत्वे होणारे बदल, पानांची रचना, कोंब कसे फुटतात व वाढतात; पक्ष्यांचे जीवन व त्यांची घरटी; पक्ष्यांच्या उपयोगासंबंधी माहिती मिळविणे.

उपयोग : मधूनमधून झाडांचे निरीक्षण करून आढळलेल्या गोष्टींची चर्चा करा; झाडाच्या डहाळ्या तोडून त्यांचा बारकाईने अभ्यास करा.

११. फळबाग : रोपे लावणे, फवारा मारणे, छाटणे, वगैरेंची माहिती मिळविणे; झाडे आणि उपयुक्त (मधमाश्या) उपद्रवी (टोळ, आळ्या) व इतर कीटक यांचा परस्पर संबंध; मनुष्याला अन्न मिळविण्यासाठी वनस्पतींचा कसा उपयोग होतो याची उदाहरणे; उष्णमानात एकदम होणारा बदल किंवा हवामानातील इतर फेरफार यांचा वनस्पतींच्या वाढीवर काय परिणाम होतो याचा अभ्यास.

उपयोग : वर्षात निरनिराळ्या वेळी झाडांची पाहणी करण्याकरिता फळबागेला भेट द्या. काही फुले पाहून त्यांच्यामध्ये पुढे कसकसा बदल होत जातो याचे निरीक्षण करा; काही कीटक गोळा करून त्यांचा अभ्यास करा; तसेच कीटकांमुळे नासलेल्या फळांचे परीक्षण करा.

१२. खाडी, ओढा व तळे : निरनिराळ्या प्रकारच्या वनस्पती; दमट हवेला अनुरूप असे खोड, मुळे, पाने, फुले व फळे यांतील बदल, पाण्यातील अगर पाण्याच्या शेजारच्या जीवनाला अनुरूप असा आढळून येणारा प्राण्यांतील बदल व त्यांची जमिनीवर राहणाऱ्या प्राण्यांशी तुलना; ऋतुमानातील बदलाबरोबर या प्राण्यांमध्ये व वनस्पतींमध्ये आढळणारा फेरबदल; त्या प्राण्यांच्या अन्न मिळविण्याच्या व राहण्याची जागा तयार करण्याच्या पद्धतीचे निरीक्षण.

उपयोग : या ठिकाणी सहल नेणे व वर निर्देशिलेल्या शास्त्रीय माहितीचा पडताळा पाहणे, जास्त अभ्यासाकरिता तेथील प्राणी व वनस्पती यांचे, नमुने गोळा करून आणणे.

१३. रस्त्याच्या (शहराबाहेरच्या) कडेला आढळणाऱ्या गोष्टी : गुरांचे गोठे, जनावरे कशी राहतात, आपले अन्न कसे मिळवितात व पिल्लांची निगा कशी राखतात; तसेच निरनिराळ्या प्रकारच्या वनस्पती भोवतालच्या परिस्थितीशी जुळणी कशी करून घेतात (उदा. बीजप्रसाराचे प्रकार; अगदी कोरड्या व फार दमट हवेत काय फरक होतात), इत्यादीचे निरीक्षण, वनस्पती व प्राणी यांचे परस्परावलंबी जीवन; जमिनीची झीज व ती थांबवण्याचे उपाय; रस्ता एखाद्या टेकडीतून नेलेला असेल तर टेकडीच्या कापलेल्या बाजूचे निरीक्षण; जमिनीच्या

वरच्या थरातील माती व खालच्या थरातील माती यांमधील फरक पाहणे, वरच्या थराची जाडी किती ते पाहणे; हा थर धुपून जाऊ नये म्हणून काळजी घेण्याचे महत्त्व.

उपयोग : वर दिलेल्या गोष्टी पाहण्याकरिता सहल; वरच्या थरातील व खालच्या थरातील मातीचे नमुने जमविणे; प्रत्येकीत वनस्पती वाढवून त्यातील फरक नोंदणे; बीजप्रसाराचे निरनिराळे नमुने जमविणे.

१४. समाजातील व्यक्ती : भोवतालच्या कित्येक व्यक्तींची मदत होऊ शकेल. उदा. काही पालक खूप प्रवास केलेले असतील, काही पशुसंवर्धन शास्त्रात निष्णात असतील, काही उत्कृष्ट गृहिणी असतील, काही शिकार करण्यात, सापळे लावण्यात, अगर मासे पकडण्यात तरेबरे असतील, काही विद्युतशास्त्रवेत्ते तर काही शिल्पकार असतील. अशा लोकांना मुलांच्या प्रश्नांची उत्तरे देऊन त्यांच्या शिक्षणात मदत करणे सामान्यतः आवडेल. तेव्हा त्यांना शाळेत बोलावून त्यांच्या ज्ञानाचा फायदा घेणे सर्वांनाच हितावह ठरेल.

या साधनांचा उपयोग

यापैकी कोणत्याही साधनाचा उपयोग कितपत होईल हे ते किती कौशल्याने वापरले जाते यावर अवलंबून राहिल. प्रत्येक साधन विशिष्ट कारणाकरिता उपयोगात आणले पाहिजे. एखाद्या प्रश्नाचे उत्तर शोधून काढणे, एखादे शास्त्रीय तत्त्व जास्त स्पष्ट करणे, शास्त्राची उपयुक्तता व अद्भुतता प्रत्ययास आणून देणे, अशा काहीतरी विशिष्ट हेतूने कोणतेही साधन वापरले पाहिजे. कोणत्याही सहलीची पूर्वतयारी करताना शिक्षक व विद्यार्थी यांच्या मनात काही तरी प्रश्न स्पष्टपणे असला पाहिजे. शिक्षकाने व शक्य तर मुलांच्या लहानशा समितीने अगोदर सहलीच्या ठिकाणी जाऊन ते सहलीला योग्य व विद्यार्थ्यांना जाता येण्यासारखे आहे की नाही हे पाहावे.

कोणा एखाद्या व्यक्तीकडून मुलांना माहिती हवी असेल तर त्या व्यक्तीला मुलांना नेमके काय हवे आहे याची स्पष्ट कल्पना देऊन मुलांना समजेल अशा सोप्या भाषेत स्पष्टीकरण देणे जमेल अशी काळजी घ्यावी.

जमविलेल्या गोष्टींचा पूर्ण उपयोग व्हावा या दृष्टीने नंतर चर्चेची योजना काळजीपूर्वक आखावी. उपस्थित प्रश्न सोडविण्याकरिता मिळालेल्या माहितीचा उपयोग करावा व

पुढे मुलांना उपयोग होण्यासारखा असेल तर त्यासंबंधी नोंद करून ठेवण्यास विद्यार्थ्यांना सांगावे.

भोवतालच्या समाजात उपलब्ध असलेल्या सोयींचा पुरा उपयोग अजूनही बहुतेक शाळा करीत नाहीत. 'शास्त्र म्हणजे सभोवतालच्या गोष्टींचा अभ्यास' असे म्हटले तरी अगदी नित्याच्या परिचयातील गोष्टींकडेही आपले दुर्लक्ष होण्याचा

शास्त्राच्या अध्यापनाच्या सोयी

शास्त्राच्या अध्यापनाकरिता स्वतंत्र खोली असणाऱ्या भाग्यवान शाळा खेड्यांत तर नाहीच; पण शहरांतही विरळाच. प्राथमिक सामान्य विज्ञानाचा समावेश अभ्यासक्रमात असला तरी तो इतर विषयांबरोबरच, नेहमीच्या वर्गाच्या खोलीतच शिकवावा लागतो. परंतु इतर बहुतेक विषयांपेक्षा शास्त्र हा विषय काहीसा वेगळा आहे, कारण त्यात प्रत्यक्ष अनुभवाखेरीज खरे ज्ञान मिळत नाही. त्यात नुसते ऐकून किंवा वाचून भागत नाही. मुलांनी स्वतः निरीक्षण करून व प्रयोग करून अनुभव मिळविला तरच शास्त्रीय ज्ञान पक्के होते.

तेव्हा नेहमीच्या वर्गाच्या खोलीत निरीक्षण व प्रयोग करावयाचे म्हटले तर काही अडचणी उभ्या राहतात. म्हणून कार्यशील शिक्षकाला आपल्या वर्गात काही सोयी करून घेऊन शास्त्राचे अध्यापन आकर्षक कसे करता येईल याबाबत काही सूचना या विभागात दिल्या आहेत.

वर्गाच्या खोलीत शास्त्राचा कोपरा (शास्त्रकोन) ठेवणे.

वर्गाचा एक कोपरा शास्त्राकरिता राखून ठेवावा. शक्य तर एक दोन टेबले अगर बाके तेथे ठेवून त्यांचा उपयोग प्रयोगाकरिता अगर प्रदर्शनाकरिता करावा. टेबलाखाली फळ्या बसवून उपकरणे, साहित्य वगैरे सामान ठेवण्याकरिता खण करता येतील. ह्या 'शास्त्रकोना'त ठेवण्याकरिता वस्तू मिळवून आणण्यास विद्यार्थ्यांना उत्तेजन द्यावे. 'आठवड्यातील शास्त्रीय वस्तू' म्हणून जास्तीत जास्त महत्त्वाची अगर आकर्षक वस्तू मुलांनी निवडावी अशी स्पर्धा ठेवून मुलांमध्ये वस्तू जमविण्याची आवड उत्पन्न करता येईल.

या शास्त्राच्या कोनात नेहमी काहीतरी घडामोड व फेरबदल चालू राहावा. कुठल्याही वस्तूचे आकर्षण नाहीसे झाल्यावर ती तेथे राहू देऊ नये.

संबंध असतो. जेथे किंमतवान साहित्य भरपूर असेल अशा शाळेत शास्त्र उत्तम तऱ्हेने शिकवले जातेच, असे मानण्याचे कारण कारण नाही. जेथे शिक्षक व विद्यार्थी या दोघांनाही आपण शास्त्रीय जगात राहत आहोत व आपल्या हाताशी शास्त्राच्या अभ्यासाची भरपूर सामग्री आहे याची जाणीव असते, त्याच ठिकाणी शास्त्राचे अध्यापन उत्तम रीतीने होते.

जलपेटिका (ॲक्वेरिअम)

मासे ठेवण्याच्या पेट्यांचे मुलांना फार आकर्षण वाटते व त्यांच्या निरीक्षणाने पुष्कळ शास्त्रीय गोष्टी शिकता येतात. चौथ्या प्रकरणात जलपेटिका कशा तयार कराव्या ते सांगितले आहे.

प्राण्यांचे पिंजरे

वर्गामध्ये निरनिराळे प्राणी ठेवून त्यांचे निरीक्षण करता येते. काही प्राणी पिंजऱ्यात चांगल्या प्रकारे राहू शकतात, तर काहींना पिंजऱ्यात राहणे तितकेसे आवडत नाही. मुलांच्या घरी असलेले पाळीव प्राणी काही दिवस शाळेत आणण्यास मुलांना प्रोत्साहन द्यावे म्हणजे त्यांचे निरीक्षण करून अभ्यास करता येईल. पिंजरे कसे तयार करावे याची माहितीही चौथ्या प्रकरणात सापडेल.

हवामानाच्या निरीक्षणाचे केंद्र

आठव्या प्रकरणात हवामानाच्या निरीक्षणाची साधी उपकरणे कशी तयार करावी ते दिले आहे. ही सामान्यतः कोठेही सहज मिळणाऱ्या साहित्यापासून तयार करता येतात. दर दिवशी हवामानात होत जाणाऱ्या फरकांचे निरीक्षण करून नोंदणे आकर्षक असून उपयुक्त शास्त्रीय पाठांची उभारणी त्यावर करता येईल.

शास्त्रीय वार्ताफलक

मुलांना योग्य मार्गदर्शन व प्रोत्साहन दिले तर ते मासिकांतून अगर वर्तमानपत्रांतून जमविलेली काही ना काही कात्रणे सतत शाळेत आणीत जातात. शास्त्रीय वार्ताफलकांवर ही कात्रणे, तसेच मुलांनी वर्गात तयार केलेली चित्रे व इतर गोष्टीही लावता येतील. वार्ताफलकाकरिता सर्वात चांगली जागा म्हणजे शास्त्र-कोनांतील टेबलाच्या वर, हा फलक देवदारी लाकडाचा अगर दुसऱ्या कसल्या मऊ तक्त्याचा करावा.

रोपे वाढविणे

जेथे भरपूर उजेड मिळेल अशा खिडक्यांच्या तळसऱ्यांवर (विंडो सिल) लहान कुंड्या ठेवल्या तर बी अगर लहान झाडे वाढविण्यासाठी भरपूर जागा मिळेल. काही प्रयोगांकरिता जास्त जागा हवी असेल तर कमी उंचीचे लाकडी खोके मिळविता येतील किंवा तयार करता येतील.

वस्तुसंग्रहाची फळी

एकदा मुलांना आवड उत्पन्न झाली की त्यांना वस्तु जमविण्याचा नाद लागतो व त्यातल्या काही शाळेत येऊ लागतात. या कामात त्यांना प्रोत्साहन द्यावे. वस्तूच्या प्रदर्शनाकरिता एखादी फळी अगर लहानसे शेल्फ भितीला लावावे म्हणजे तेथे मुलांनी आणलेल्या वस्तू ठेवता येतील.

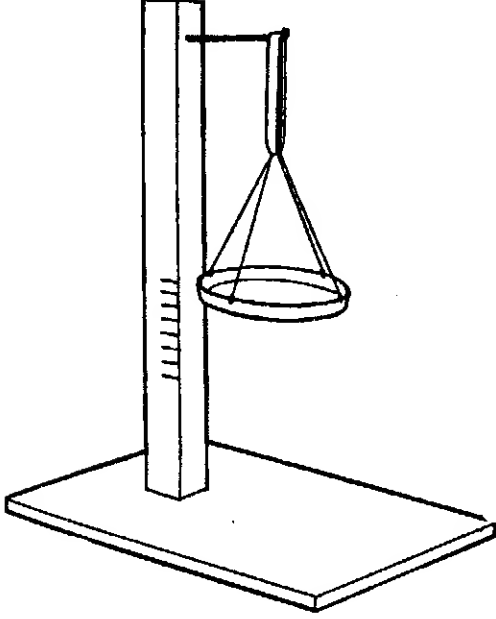


नेहमी लागणारे साहित्य कसे तयार करावे?

शास्त्र शिकविताना बराचसा भाग प्रायोगिक व निरीक्षण पद्धतीने शिकवावा लागतो. त्याकरिता दिवे (बर्नर), तिपाया, फ्लास्क, पाणघरे (अॅकॅरिया), पाण्यात बुडविण्याची जाळी, वगैरे बरीचशी उपकरणे नेहमी लागतात. अशी काही उपकरणे कशी तयार करावी याची माहिती या प्रकरणात देण्याचे योजले आहे.

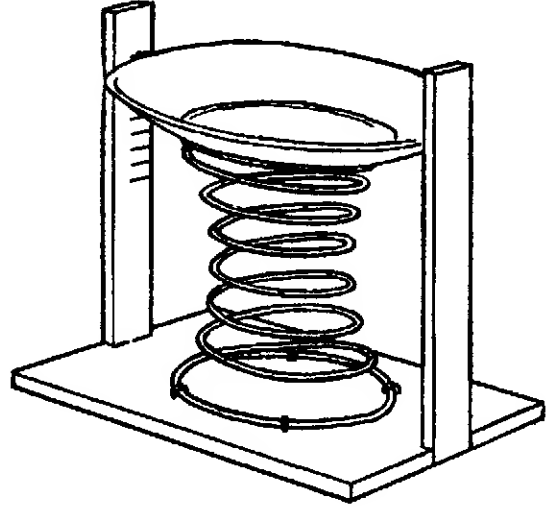
अ. वजन करण्याची साधने

१. साधा ताणकाटा



एक पत्र्याचे झाकण घ्या. त्याच्या परिघावर समान अंतरावर खिळ्याच्या साहाय्याने चार भोके पाडा. प्रत्येक भोकांतून दोरा ओवून सर्व दोरे वरच्या बाजूस एकत्र करा, व आकृतीत दाखविल्याप्रमाणे एका रबरी पट्टीने हे झाकण टांगून ठेवा. वजने मिळाली नाहीत तर काट्यावर पुढीलप्रमाणे खुणा करता येतील. पाणी मोजण्याच्या पेल्यामधून उरावीक आकारमानाचे पाणी दरवेळी झाकणात ओता. प्रत्येक वेळी झाकण जेथपर्यंत ताणले जाईल तेथे उभ्या लाकडी आधारपट्टीवर खुणा करा. प्रत्येक खुणेवर झाकण येण्याकरिता लागणारे दगड शोधून काढावे व त्यांचाच वजने म्हणून उपयोग करावा. दगडाऐवजी नाण्यांचाही उपयोग करता येईल.

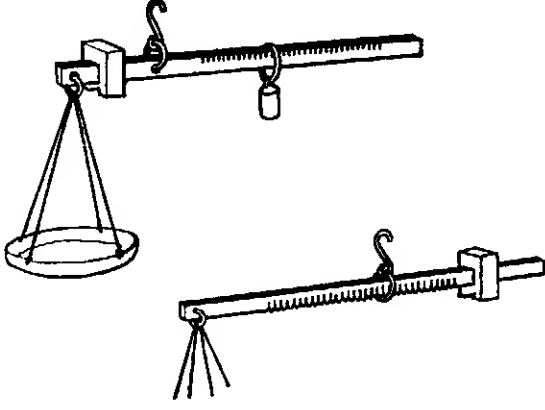
२. जड वस्तूच्या वजनाकरिता ताणकाटा



एका लाकडी फळीवर आकृतीत दाखविल्याप्रमाणे खुर्चीतील किंवा मोटारीच्या गादीतील एक मोठी स्प्रिंग घट्ट बसवा. ही ताणकाट्याची बैठक झाली. स्प्रिंगच्या वरच्या बाजूस एक मोठी पत्र्याची बशी किंवा पत्र्याचे झाकण डाक देऊन बसवा किंवा दोन भोकांतून तार ओवून बांधून टाका.

लाकडी फळीच्या दोन्ही बाजूस दोन उभ्या लाकडी पट्ट्या बसवा, म्हणजे पारड्याला आधार मिळून ते त्यामध्ये वर खाली होऊ शकेल. $\frac{1}{2}$, १, २ अशी किलोग्रॅमची वजने झाकणात टाकून झाकण किती खाली येते ते पहा व त्याप्रमाणे लाकडी पट्टीवर खुणा करून ठेवा. वजनाऐवजी विशिष्ट आकारमानाच्या पाण्याने भरलेल्या बाटल्या वापरूनही या खुणा करता येतील.

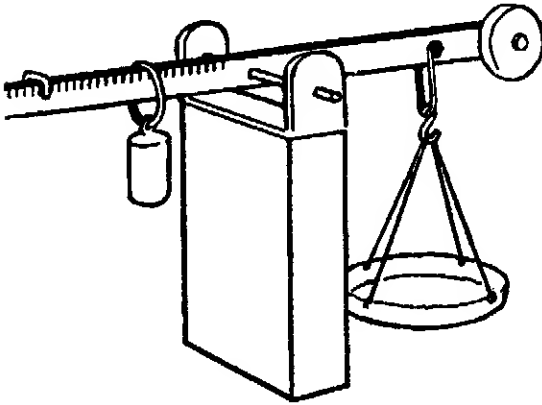
३. एक पारड्याचा तराजू (स्टीलयार्ड)



लोखंडी किंवा शिशाच्या नळीचा (वॉटर पाईप) लहानसा तुकडा वजनाप्रमाणे उपयोगात आणून व तारेच्या कडीचा टेकू म्हणून उपयोग करून रोमन किंवा डॅनिश प्रकारचा तराजू तयार करता येईल.

लाकडी किंवा लोखंडी गज दांडी म्हणून वापरण्यास हरकत नाही. लोखंडी गजाच्या खालच्या बाजूस कानशीने खाचा पाडून निरनिराळ्या वजनांच्या खुणा कराव्यात.

४. प्रयोगशाळेतिल एक पारड्याचा तराजू (स्टीलयार्ड)



एक मीटर लांबीची लाकडी पट्टी घ्या. तिच्या एका टोकापासून १२ सें. मी. अंतरावर व वरच्या कडेपासून ३ मि. मी. खाली एक भोक पाडून या भोकामध्ये एक जाड सुई बसवा. या सुईच्या आधारावर पट्टी तोलली जाईल. या आधारापासून ६ सें.मी. अंतरावर तारेच्या रिकिबीला

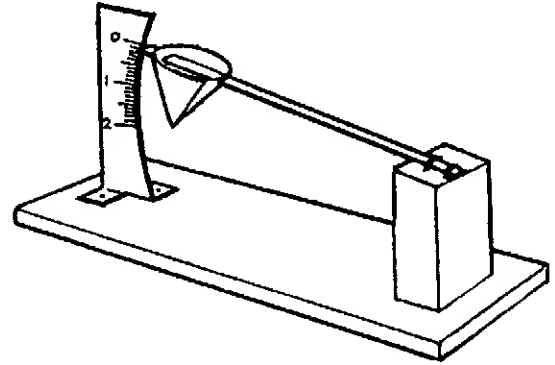
(आकड्याला) एखादी शिशाची चकती किंवा दुसरा एखादा वजनदार पदार्थ प्रति - वजन (काऊंटर वेट) म्हणून वापरता येईल. एखाद्या पत्र्याच्या झाकणावर वितळलेले शिसे ओतून असे वजन तयार करता येईल. एक डब्याचे झाकण पारडे म्हणून टांगता येईल. 'यू' (U) च्या आकाराचा एक पत्र्याचा तुकडा किंवा लाकडाच्या ठोकळ्याला पत्र्याचे दोन तुकडे बसवून योग्य असा आधार तयार करता येईल.

दोन स्वार (स्लाइडर्स) लागतील. एक स्लाइडर तांब्याच्या तारेने लोंबकळत ठेवता येईल असा ५० ग्रॅम वजनाचा शिशाचा तुकडा व दुसरा 'यू' (U) आकाराचा पट्टीवर ठेवता येईल असा १ ग्रॅम वजनाचा तुकडा पट्टीच्या वरच्या भागावर ६ सें.मी. अंतराच्या खुणा करता येतील.

हे उपकरण वापरताना प्रथम ५० ग्रॅमचे वजन मागेपुढे सरकवून पट्टी साधारण समतोल करावी व नंतर एक ग्रॅमचा स्वार (रायडर) वापरून बरोबर समतोलपणा साधावा. पट्टीवर बारीक अंतराच्या खुणा नसल्या तरी कर्कटकाच्या साहाय्याने नक्की अंतर निश्चित करता येईल.

या तराजूने ५०० ग्रॅमपर्यंत वजन करता येते. या तराजूची हालचाल फार जलद होते. वजन अगदी बिनचूक मिळते.

५. घड्याळातील स्प्रिंगचा उपयोग

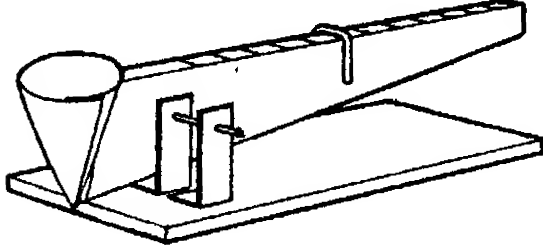


घड्याळातील (टाइम पीस) स्प्रिंग व लाकडी ठोकळा वापरून, १ ग्रॅमच्या आत किंवा १ ते १० ग्रॅमपर्यंत बारीक वजन करण्याकरिता सूक्ष्मग्राही तराजू तयार करता येईल.

एका लाकडी चौकोनी फळीच्या बैठकीवर एक लाकडी ठोकळा अगर रीळ पक्के बसवा. सुमारे २० सें. मी.

लांबीच्या स्प्रिंगचे एक टोक या ठोकळ्यावर पक्के बसवा. शंकूच्या आकाराचे कागदाचे किंवा कार्डबोर्डचे पारडे स्प्रिंगच्या दुसऱ्या टोकास बसवा. याकरिता लाख अगर अठराव्या प्रकरणात सांगितलेले सीमेंट वापरता येईल. या टोकाच्या शेजारीच एखादे कार्ड अगर जाड कागदाचा तुकडा लाकडी फळीवर उभा बसवा. पारड्यामध्ये वेगवेगळी वजने टाकून स्प्रिंगचे दुसरे टोक स्थिर होईल त्याप्रमाणे कागदावर खुणा करा. तराजूचा सूक्ष्मपणा स्प्रिंगवर अवलंबून राहिल. पण याने साधारणतः अचूक वजन मिळू शकेल.

६. साधा तराजू (स्टील यार्ड) - (१०० ग्रॅमपर्यंत वजनाकरिता)

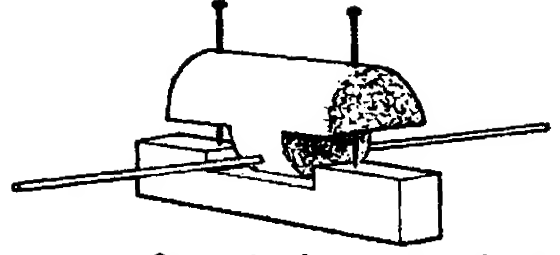


फनेलच्या आकाराचे कार्डबोर्डचे पारडे आकृतीत दाखविल्याप्रमाणे प्लायवूडच्या त्रिकोणाकृती दांडीच्या टोकाला घट्ट बसवा.

पारड्याच्या जवळील दांडीची रुंदी ५ सें.मी. असून ती दुसऱ्या टोकापर्यंत २ सें.मी. होत गेलेली असावी. पारड्यापासून ५ सें.मी. अंतरावर व दांडीच्या वरच्या कडेपासून २ सें.मी. खाली एक जाड बळकट सुई बसवावी. तिचा उपयोग खिळीसारखा होईल. दांडी समतोल राहण्याकरिता तिचे टोक अगर पारड्याचा भाग कापून टाकावा.

धातूच्या रिकीबीला भोक पाडून त्यातून ही सुई घालून दांडी तोलली जाईल. दांडी बाजूला घसरू नये म्हणून बाहेर आणखी एक रिकीब किंवा पट्टी बसवावी. दांडीवर यू (U) च्या आकाराचा एक स्वार (रायडर) सरकता ठेवता येईल. ठरावीक वजन पारड्यात घालून ते तोलण्याकरिता स्वार ज्या ठिकाणी ठेवावा लागेल, तेथे खाच घेऊन दांडीवर निरनिराळ्या खुणा करून ठेवता येतील. असल्या तागाडीने कोणत्याही प्रकारची पूड कागदाच्या शंकूमध्ये घालून ती पारड्यात ठेवून वजन करता येईल.

७. झेंडरचा तराजू



टाचण्या, विणण्याची सुई, बूच, वस्तूच्याचे पाते (ब्लेड) वापरून प्रयोगाचे प्रात्यक्षिक दाखविण्यास उपयुक्त असा एक तराजू झटदिशी तयार करता येईल.

एका बुचाच्या मधोमध अगदी तळाशी त्याच्या टोकांच्या वर्तुळाच्या व्यासाला समांतर अशी एक विणण्याची सुई घुसवून बसवा. आकृतीत दाखविल्याप्रमाणे बुचाचा दोन्ही बाजूचा अर्धनळाकार भाग कापून टाका म्हणजे तराजूची दांडी तयार झाली. लाकडी तुकड्याच्या वरच्या बाजूस काचेचे तुकडे बसवून त्यावर बुचात बसविलेल्या टाचण्यांची टोके टेकली म्हणजे तराजू या टाचण्यांवर तोलला जाईल.

या टाचण्यांची व्यवस्थित जुळणी करून तराजूची सूक्ष्मग्राहकता कमी जास्त करता येईल.

या तराजूवर करावयाचे प्रयोग

१. सुताच्या लहानसा तुकड्याचा किंवा पातळ कागदाच्या बारीकशा तुकड्याचा सुमारे २ मिलिग्रॅम वजनाचा स्वार सुईच्या एका बाजूला निम्म्या अंतरावर ठेवला तर सुईचे टोक सुमारे २ सें.मी. लवते.

२. हवेचा किंवा वायूचा छोटासा झोत सुईच्या टोकावर सोडला तरी ती फिरलेली दिसेल.

३. तराजूच्या दांडीखाली पेटवलेली काडी धरून हवेत अभिसरण प्रवाह कसे उत्पन्न होतात हे दाखविता येईल.

४. तराजूची दांडी प्रतिबंधित वाहक (इन्शुलेटेड कंडक्टर) असल्यामुळे तीमधील विद्युत्धारणा निदर्शनास येईल. त्याकरिता तिच्या एक टोकास विद्युत्भारित दांड्याचा स्पर्श करावा लागेल.

५. शिवणाच्या सुईमध्ये चुंबकत्व उत्पन्न केले तर ती कल- काटा (डिप नीडल) होते.

६. तराजूच्या दांडीमध्ये चुंबकत्व उत्पन्न करून तिच्या एका टोकाजवळ तारेचे वेटोळे आणले तर तराजूचा उपयोग

प्रवाहदर्शकाप्रमाणे (गॅलव्हॅनोमीटर) होऊ शकेल. उदाहरणार्थ, आघर्ष - कॉन्स्टंटनचे थर्मोकपल १.५ मि. मी. जाडीच्या तांब्याच्या तारेच्या २२ वेटोळ्यांच्या कड्याला जोडता येईल. हे मेणबत्तीने गरम केल्यास ०.०१ व्होल्टचा विद्युतदाब निर्माण होतो. इतका सूक्ष्म प्रवाहही तराजूच्या दांडीने दाखविला जाईल.

७. सुईच्या सूक्ष्म हालचाली तिच्या टोकाला एक लहानसा आरसा बसवून त्यावर टाकलेल्या प्रकाश किरणशलाकेच्या परावर्तनाचे स्पष्ट दिसू शकतील. वरील थर्मोकपलमध्ये बोट्याच्या उष्णतेने जो अत्यंत सूक्ष्म विद्युतप्रवाह निर्माण होतो, तोही या साध्या प्रकाशकिरण-परावर्तनाच्या उपकरणाने दिसू शकेल.

८. नेहमी उपयोगी पडणारा साधा तराजू -

२ सें. मी. जाड व २२ सें. मी. लांबी-रुंदीची एक

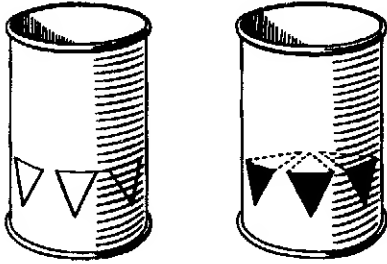
लाकडी फळी घ्या. या फळीच्या मध्यावर २.५ सें. मी. अंतरावर १५ सें. मी. लांब, ६ सें. मी. रुंद व २ सें. मी. जाड अशा दोन लाकडी फळ्या उभ्या बसवा. तळाच्या फळीवर खाचा पाडून किंवा तशाच, स्कूच्या साहाय्याने या फळ्या उभ्या करता येतील. फळ्यांच्या वरच्या बाजूस पातळ करवतीने खाचा पाडून त्यात ४ मि. मी. वर येतील अशी दोन वस्तूच्याची पाती (ब्लेड) बसवा.

एक मीटरपट्टी किंवा तेवढ्याच लांबीची एक लाकडी पट्टी घेऊन तिच्या बरोबर मध्यात एक खिळा बसवा. ही पट्टी दोन्ही बाजूस सारखे अंतर ठेवून पात्यावर ठेवली की तराजू तयार झाला.

पट्टीच्या दोन्ही टोकांना कमी जास्त हवा भरलेले रबरी फुगे टांगून या तराजूच्या साहाय्याने हवेला वजन आहे हे सिद्ध करता येईल.

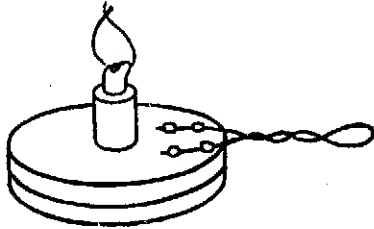
आ. उष्णता मिळण्याची साधने

१. कोळशाची शेंगडी



१०. सें. मी. व्यासाचा सिलिंडरच्या आकाराचा पत्र्याचा एक डबा घ्या. आकृतीत दाखविल्याप्रमाणे तळापासून ४ सें. मी. वर सभोवर त्रिकोण काढा. त्रिकोणाच्या उतरत्या बाजूने पत्रा कापा. पाया मात्र कापू नका. कापलेले भाग आतल्या बाजूस वाकवा; म्हणजे कोळशाकरिता जाळी तयार झाली. तीवर कोळसे ठेवून पेटवले म्हणजे एक शेंगडी तयार होईल.

२. साधा स्पिरिटचा दिवा



बूट पॉलिशची डबी वापरून साधा दिवा तयार करता येईल. डबीच्या वरच्या बाजूस एक धातूची लहानशी नळी बसवावी. पीळ दिलेल्या तारेचा हँडल (मूठ) म्हणून उपयोग करावा. कापडाच्या चिंधीची किंवा कापसाची वात तयार करता येईल.

३. शाईच्या दौतीचा दिवा



धातूचे फिरकीचे झाकण असलेली शाईची दौत घ्या. झाकणाच्या मध्यावर चूक ठोकून एक भोक पाडा. त्या भोकांत एक तिकोनी कानस वर्तुळाकार फिरवून भोक ८ ते १० मि. मीटर व्यासापर्यंत मोठे करून घ्या. एखादा कठीण पदार्थ आत फिरवून भोकाची कड गुळगुळीत करा. ४ सें. मी. लांब व २.५ सें. मी. रुंद धातूचा पत्रा घेऊन तो एखाद्या सळईवर गुंडाळून वरील भोकात बरोबर बसेल अशी एक नळी तयार करा. बाटलीत १ सें. मी. राहिल

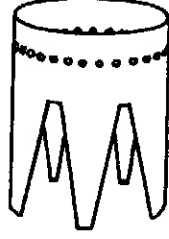
इतकी नळी झाकणात घुसवून जरूर तर डाक देऊन ती पक्की करा. कापसाची दोरी, टॉवेलची चिंधी अगर सुताच्या

धाग्याची लड यांची वात तयार करा. स्पिरिट किंवा अल्कोहोल हा द्रव वापरा.

इ. इतर उपयुक्त साधने

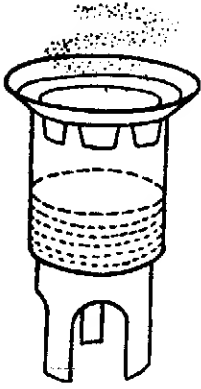
१. साधी तिपाई (स्टँड)

आकृतीत दाखविल्याप्रमाणे पत्र्याचे डबे कापून लहान मोठे त्रिपाद (स्टँड) तिपाया तयार करता येतील.



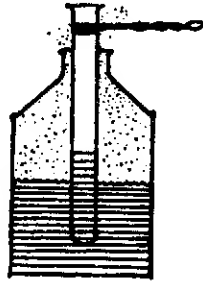
२. वाफाळणी (स्टीम बाथ)

पत्र्याचा डबा आणि बशी वापरून हे साधन तयार करता येईल. पाण्याची वाफ बाहेर जाण्याकरिता डब्याच्या वरच्या बाजूस काप घ्यावेत.



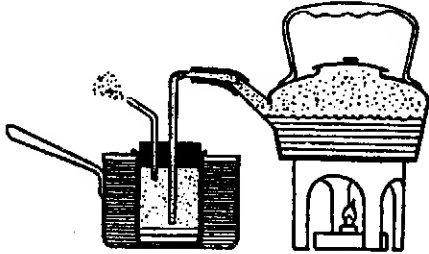
३. तापवणी (हीटर)

जुना तेलचा डबा वापरून तापवण्याचे आणखी एक उपकरण तयार करता येईल. परीक्षानळीच्या भोवती तार गुंडाळून तिला पीळ दिला म्हणजे मूठ (हँडल) तयार होईल.



४. ऊर्ध्वपातित जल

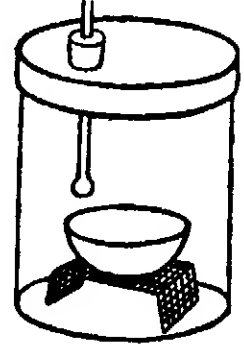
आकृतीत दाखविल्याप्रमाणे एका मोठ्या भांड्यात गार पाणी घेऊन त्यामध्ये एक काचेचे भांडे ठेवा. या भांड्याला



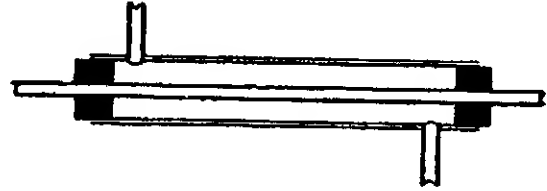
दोन भोके असलेले बूच बसवून त्यात काचेच्या नळ्या बसवा. किटलीमध्ये तापवलेल्या पाण्याची वाफ मोठ्या नळीतून काचेच्या भांड्यात आली असता भोवतालच्या थंड पाण्यामुळे तिचे पाणी होईल. काचेची नळी किटलीच्या तोटीला जोडण्याकरिता रबरी नळी, चिकटपट्टी, वगैरेंचा उपयोग करता येईल.

५. हवेची भट्टी

मोठ्याशा पत्र्याच्या डब्यापासून भट्टी तयार करता येईल. एका पत्र्याच्या डब्याच्या वरच्या झाकणास भोक पाडून त्यामध्ये एक छिद्र असलेले बूच बसवा. त्यामध्ये उष्णमापक बसवा. डब्याच्या तळाशी आकृतीत दाखविल्याप्रमाणे जाळीच्या बैठकीवर एक बशी किंवा चिनीमातीची वाटी ठेवा.



६. लीबिग्व्वा लोखंडी शीतक (कन्डेन्सर)

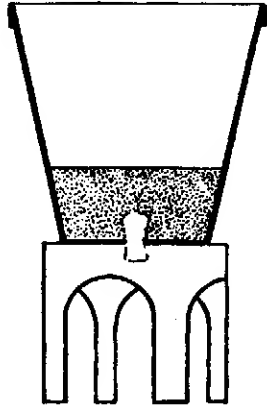


काचेच्या नळीऐवजी लोखंडी नळी (विजेच्या तारांकरिता वापरतात तसली) वापरली असता जास्त बळकट शीतक तयार होतो. नळीच्या वरच्या व खालच्या बाजूस धातूच्या लहान नळ्या स्क्रूने किंवा डाक देऊन पक्क्या बसवाव्या. नळीच्या दोन्ही बाजूंना एक छिद्र असलेले बूच बसवून त्यामधून काचेची पोकळ नळी बसवावी.

७. गाळणी

एका कुंडीच्या तळाशी असलेल्या भोकामध्ये कापसाचा बोळा बसवून त्यावर वाळूचा थर घातला असता

या कुंडीचा गाळणी म्हणून उपयोग करता येईल.

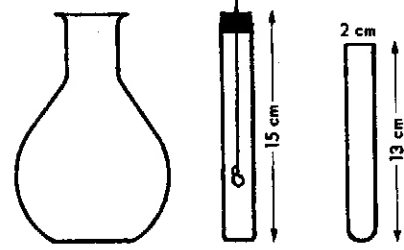
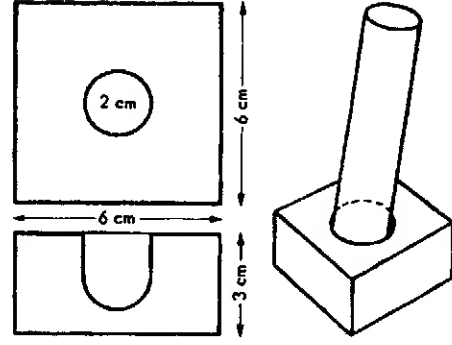


८. फिल्टर पंप

साधा काचेचा फिल्टर पम्प तयार करण्यास जरा कौशल्य लागते. तथापि काचेच्या नळ्या व चांगली बुचे वापरून तो तयार करता येईल. एखाद्या बारीक नळीतून पाण्याची धार पडताना बरोबर जी हवा नेली जाते तीमुळे (वायू) या जागी हवेचा दाब कमी केला जातो. या तत्वावर या पंपाचे कार्य चालते. पाण्याची धार केवढी असावी हे प्रयोगाने ठरवावे लागेल. वरच्या नळीचे (एक्स) तोंड १ मि. मी. व्यासाचे व खालच्या नळीचे तोंड २ मि. मी. व्यासाचे ठेवल्यास पंपाचे कार्य चांगले चालेल.

९. रसायनशास्त्राच्या प्रयोगाकरिता लागणारे साहित्य

रसायनशास्त्रातील सोपे प्रयोग करण्याकरिता चंचुपात्र, परीक्षानळ्या, चंबू इत्यादी मूलभूत साहित्य लागते. खाली वर्णन केलेल्या उपकरणांनी नेहमीचे काम सामान्यतः भागेल. १५० घनसेंटिमीटर आकारमानाचा पायरेक्स काचेच्या चंबूचा उपयोग चंचुपात्र अगर साधा चंबू म्हणूनही होईल; किंवा वाफ तयार करण्याकरिताही होईल. साध्या परीक्षानळीच्या भोवती तारेची जाळी गुंडाळली तर कठीण काचेच्या नळीसारखाच तिचा उपयोग होईल. ती तापविल्याने फुटणार नाही. काही परीक्षानळ्यांचा उपयोग वायुपात्रासारखा करता येईल. अगदी आवश्यकच नसली

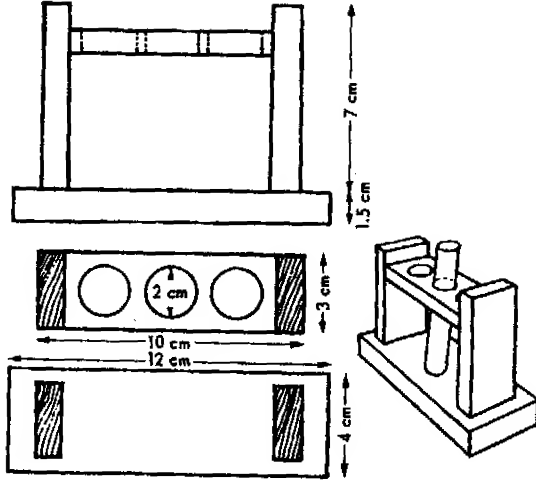


तरी परीक्षानळ्यांकरिता बैठक (रॅक) असलेली चांगली. लहान परीक्षानळ्या वापरल्यास त्यांचे तोंड लहान मुलांनाही बोटाने बंद करता येईल. एका लाकडी ठोकळ्याच्या बैठकीत बसविलेल्या मोठ्या परीक्षानळ्यांचा उपयोग साठवणीकरिता बाटल्या म्हणून किंवा इतर अनेक गोष्टीकरिता करता येईल. खेळते पाणी उपलब्ध नसेल तर एखाद्या ५०० घ. सें.मी. आकाराच्या डब्याचा उपयोग शीतक म्हणून करता येईल. मात्र द्रव बाहेर पडण्याच्या ठिकाणी नळीचा जोड पाणी गळणार नाही असा पक्का केला पाहिजे. खालच्या वर्गात या उपकरणांचा चांगला उपयोग होऊ शकेल.

१०. विजेच्या बल्बचा उपयोग

वेगवेगळ्या आकारांच्या जळलेल्या विजेच्या दिव्यांचा उपयोग चंबू, चंचुपात्र, परीक्षानळ्या इत्यादींसारखा करता येईल. हे दिवे काळजीपूर्वक वापरल्यास तापवण्यास व अन्य तऱ्हेने हाताळण्यास बरेच दिवस उपयोगी पडतील.

निरुपयोगी झालेल्या बल्बचा काचेचा भाग टॉवेलमध्ये गुंडाळून हवेत धरा. चाकूच्या साहाय्याने वरच्या बाजूस असलेले धातूचे तुकडे हळूच उचकटा, हे तुकडे वर ओढून गावीत धरता येतील इतपत मोकळे करा व गावीत धरून वर ओढा. त्यांना जोडलेली तार थोडी फार वर येईल. नंतर तुकड्यांना पीळ देऊन ते तोडून टाका. तेथील



भोकाच्या सभोवतालचा काळा भाग पोखरून काढा. जरूर पडल्यास गावीने टोकून त्याचे तुकडे करा. मात्र बल्बचे पितळी कवच वेडेवाकडे होणार नाही याची काळजी घ्या. यापुढील कृतीला फार काळजी घ्यावी लागते आणि ती शिकेपर्यंत कदाचित काही बल्ब तुमच्या हातून फुटतील. टॉवेलमध्ये गुंडाळलेला बल्ब हातात घट्ट धरून एका कानशीच्या शेंड्याने झटकन टोला मारून वरच्या बाजूला भोक पाडा. यामुळे ज्या काचेच्या दांड्याला दिव्यांतील तारेचे धागे जोडलेले असतील ते गळून आत पडेल. नंतर एक गोल कानशीने तोंडाशी आलेले काचेचे वेडेवाकडे कोपरे घासून टाका. बल्ब न फोडता हे हलकेच केले पाहिजे. काचेचा दांडा वगैरे आतील सर्व गोष्टी आता काढून टाका. या कृतीमध्ये पितळी तोंड वेडेवाकडे झाले तर त्यामध्ये विशिष्ट आकाराचे गोल लाकूड फिरवून त्यास चांगला आकार आणता येईल. तोंड पितळी असल्यामुळे त्यामध्ये साधे किंवा रबरी बूच सहज बसवता येईल व नळी जोडून काही उपकरणे बनवावयाची असतील तर सोपे जाईल.

११. मोजपात्र

वेगवेगळ्या आकारमानांची सरळ बाजू बसलेली काचेची उभट भांडी किंवा बाटल्या घ्या. तळापासून जवळजवळ वरपर्यंत बाटलीच्या बाहेरील बाजूस सुमारे १ सें. मी. रुंदीची कागदाची पट्टी चिकटवा. बाटलीत पट्टीच्या वरच्या कडेपर्यंत येईल इतके पाणी मोजपात्राने मोजून ओता. पाण्याच्या पातळीप्रमाणे कागदावर आडवी

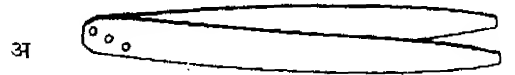
रेष ओढा व तेथे जेवढे पाणी घेतले असेल तेवढा आकडा (५० घ. सें. मी., १०० घ. सें. मी.) लिहा. बाटलीचा परीघ वरपासून खालपर्यंत सारखा असेल तर पट्टीच्या तळापासून वरपर्यंतच्या भागाचे योग्य तेवढे समान भाग करा व त्यावर आकडे दर्शवा. उदा., ५० घ. सें. मी. पाणी ओतले असेल तर पट्टीचे पाच समान भाग करून तळापासून भागांना १० घ. सें. मी., २० घ. सें. मी. असे क्रमाने आकडे देता येतील. या भागांचे आणखी लहान लहान समान भाग करता येतील. या बाटलीत प्रत्येक भागापर्यंत पाणी ओतून ते परत मोजपात्रात ओतून मोजावे म्हणजे केलेल्या खुणाबरोबर आहेत किंवा नाही हे निश्चित ठरविता येईल. नंतर या बाटलीचा मोजपात्र म्हणून उपयोग करता येईल. बाटलीवरची आकड्यांची पट्टी दीर्घकाळ टिकावी म्हणून तिच्यावर वितळलेले मेण ब्रशाने लावा अगर लाखेचा पातळ थर द्या अगर व्हार्निश लावा अगर प्लॅस्टिक सीमेंटचा उपयोग करा.

१२. परीक्षानळीची पकड



आकृतीत दाखविल्याप्रमाणे लोखंडी किंवा पितळी जाड तार वाकवून परीक्षानळी धरण्याकरिता पकड तयार करता येईल. कपडे टांगून ठेवण्याकरिता वापरावयाच्या हँगरची तार चांगली उपयोगी पडते.

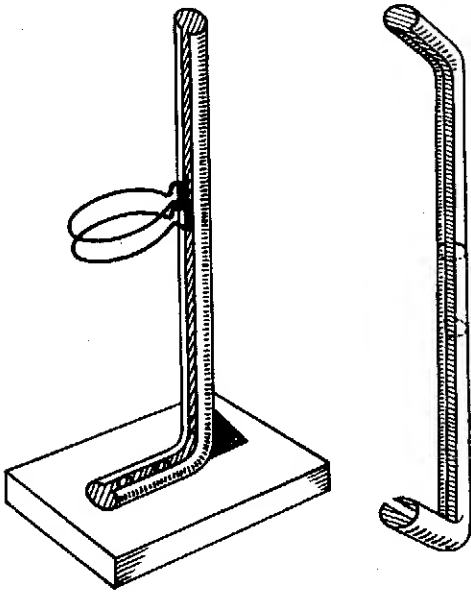
१३. प्रयोगशाळेतील चिमटे



मोठमोठे लाकडी खोके, पेट्या, करंडे याभोवती गुंडाळा व याच्या लोखंडी पट्ट्या वापरून चिमटे तयार करता येतील.

आकृतीत दाखविलेले चिमटे १२ सें. मी. लांबीचे आहेत. लोखंडाच्या दोन पट्ट्या एका टोकाशी रिव्हेट करून अगर डाक लावून पक्क्या बसवा. दुसरी टोके मोकळी ठेवा. या पट्ट्या वाकवून व त्यांची टोके कापून त्यांना ठरावीक आकार दिला की 'अ' मध्ये दाखविल्याप्रमाणे चिमटा तयार होईल. २६ सें. मी. लांबीची लोखंडी पट्टी घेऊन तिचा मध्यभाग योग्य व्यासाच्या लोखंडी रुळाभोवती वाकवून त्यास गोलाई द्यावी. नंतर त्याच्या दोन्ही बाजूंना कापून योग्य आकार दिला की 'आ' मध्ये दाखविल्याप्रमाणे चिमटा तयार होईल.

१४. धातूचा रिंगस्टँड व रिंग



सरकपडदे टांगण्याकरिता दारांवर व खिडक्यांवर ज्या नळ्या बसवितात, तसल्या लोखंडी नळ्या व विजेच्या दिव्यावर शेड बसविण्याकरिता वापरावयाची तारेची कडी वापरून हे साहित्य तयार करता येईल. लोखंडी सामानाच्या व विजेच्या दिव्यांच्या दुकानात या वस्तू मिळतील. पडद्याच्या नळीचा आकार आकृतीत दाखविल्याप्रमाणे असतो. पडद्याची रुंदी कमीजास्त असेल त्याप्रमाणे नळीची लांबी कमीजास्त करण्याकरिता तिचे दोन भाग करून त्यांची मधली टोके एकमेकांवर सरकती ठेवतात. त्यापैकी एक नळी आकृतीत दाखविल्याप्रमाणे एका लाकडी चौकोनी बैठकीवर खिळ्याने किंवा स्कूने पक्की बसवा. लाकडी बैठकीवर नळीच्या मागे एक त्रिकोणी

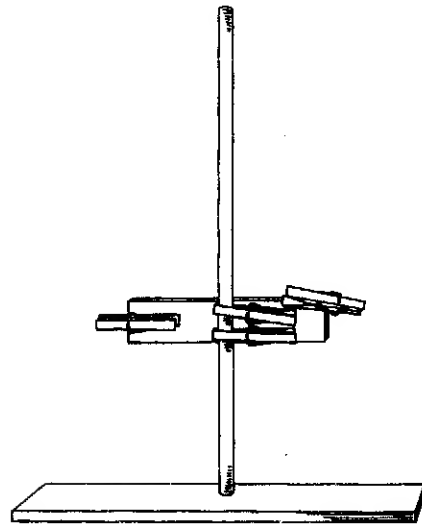
लाकडाचा तुकडा बसवून तो नळीला व बैठकीला पक्का बसविला म्हणजे नळीला चांगला आधार मिळेल. हा आकृतीत दाखविला आहे. दिव्याची शेड बल्बवर बसण्याकरिता आतल्या बाजूला जी दोन तारेची वळी असतात ती दाबून समांतर आणावी व त्यांच्या तळाचा चिमटा नळीच्या आतल्या बाजूच्या फटीमध्ये सरकवून द्यावा. त्यातील स्पिंगच्या दाबामुळे कडी कोणत्याही ठिकाणी स्थिर राहू शकतात. अशा रीतीने हा उपयुक्त कड्याचा स्टँड तयार होऊ शकेल.

कोट अडकवण्याकरिता जे टांगणे तयार करतात त्याच्या तारेचे कडे तयार केल्यास तेही वरीलप्रमाणे वापरता येईल.

१५. लाकडी रिंगस्टँड

४० सें. मी. लांब, १५ सें. मी. रुंद व १ सें. मी. जाड एक लाकडी फळी घ्या. तिच्या मध्यावर १ सें. मी. व्यासाचे भोक पाडा. या भोकामध्ये ४५ सें. मी. लांब व १ सें. मी. व्यासाची काठी पक्की बसवा. भोक कमी-जास्त आकाराचे असेल तर त्यांत बरोबर बसेल अशा आकाराची काठी घ्यावी.

१६. रिंग-स्टँडवर साहित्य बसविण्याकरिता आधार

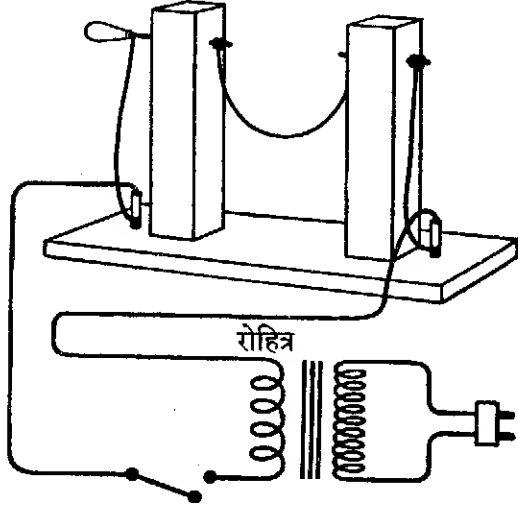


१८ सें. मी. लांब, ४ सें. मी. रुंद व १ सें. मी. जाड लाकडी फळी व ४ लाकडी चिमटे (कपडे वाळत घालताना वापरतात तसे) वापरून वरील रिंग-स्टँडवर आधार देणारे

उपयुक्त साहित्य तयार करता येईल. आकृतीत दाखविल्याप्रमाणे लाकडी चिमटे फळीला बसवावे.

मध्यावरचे चिमटे एकमेकांस समांतर असे बसवले आहेत. ह्या दोन चिमट्यांत स्टँडची उभी दांडी पकडली जाते. टोकाशी असलेल्या चिमट्यामुळे परीक्षानळीसारखे साहित्य पकडून धरता येईल. उजव्या बाजूला चिमटा फळी तिरपी घासून तिरका बसविल्यामुळे परीक्षानळी तिरपी धरून तिला उष्णता देता येते.

१७. काचेची भांडी कापण्याचे विद्युच्चलित साधन



तळाचे विजेचे बटण

काचेच्या बाटल्या, चंबू, निरुपयोगी झालेले विजेचे बल्ब इत्यादींपासून उपयुक्त शास्त्रीय उपकरणे तयार करता येतील. त्याकरिता काचेचा वरचा किंवा खालचा भाग कमी जास्त प्रमाणात कापावा लागतो. हे चित्रात दाखविलेल्या साधनाने करता येते. कापल्यानंतर त्याच्या कडा कानशीने अगर तापवून गुळगुळीत कराव्या लागतात.

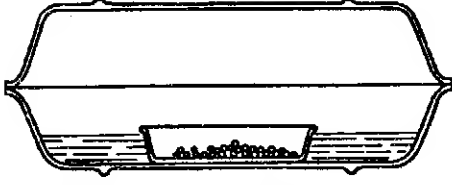
एका लाकडी बैठकीवर २०X७X४.५ सें. मी. मापाचे दोन लाकडी तुकडे १५ सें. मी. अंतरावर उभे बसवा. या प्रत्येक लाकडी तुकड्याच्या वरून खाली २ सें. मी. अंतरावर ५ सें. मी. व्यासाच्या पितळी सळ्या बसवता येतील अशी भोके पाडा. एका तुकड्याच्या बाहेरील बाजूस पितळी किंवा लोखंडी बेल्ट बसवा. दुसऱ्या तुकड्याला लाकडी मूठ असलेली सळई बसवा. चित्रात लांबी कमीजास्त करून सळई पकडून ठेवण्याकरिता सेटस्कू दाखविलेला आहे तो महत्त्वाचा आहे.

नायक्रोम धातूची किंवा विद्युतप्रवाहास जास्तीत जास्त विरोध करणारी व ११०-१२ व्होल्ट किंवा २२०-१२ व्होल्ट विद्युत प्रवाहापासून स्टेप डाऊन ट्रान्सफॉर्मरमुळे - अवरोहित्र उपलब्ध होणाऱ्या १२ व्होल्ट विद्युतप्रवाहाला योग्य अशी कोणत्याही धातूची तार स्कूच्या साहाय्याने पितळी सळ्यांना जोडा. विद्युतमंडळ कसे पूर्ण होते, ते आकृतीत दाखविले आहे.

वनस्पतींच्या अभ्यासाकरिता प्रयोग व साहित्य

अ. मुळे

१. मूलकेशांची वाढ



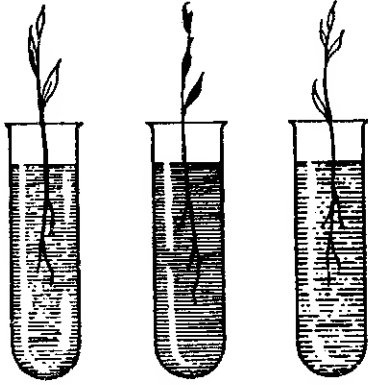
भिजविलेल्या कापडावर मोहरीचे बी वाढू दिले की मुळावरील केंस सहज दिसू लागतात. एका मोठ्या खोलगट बशीत पाणी घेऊन त्यात मातीचे एक लहानसे पसरट भांडे ठेवा. भांड्याच्या तळाशी बी पसरा. मोठ्या बशीवर त्याच आकाराची बशी उपडी झाकण म्हणून ठेवा म्हणजे आतील हवा दमट राहिल. मूलकेशांचा उत्तम नमुना पहावयास मिळेल. (उसळीकरिता दाणे भिजवून ठेवलेले तुम्ही पाहिले असतील.)

२. मूलकेशांचे निरीक्षण

भिगातून मूलकेश पाहून त्यांचे सूक्ष्म निरीक्षण करा.

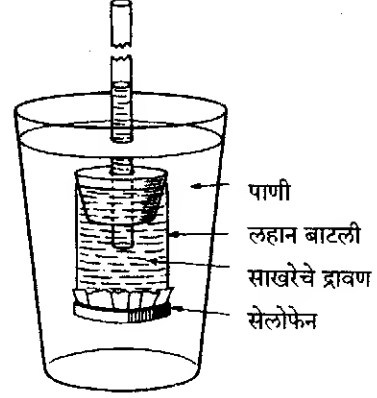
३. मुळे, पाणी व त्यात तरंगणारे पदार्थ, शोषून घेतात का?

तीन परीक्षानळ्या घ्या. एका नळीत पाणी, दुसरीमध्ये तांबडी शाई व तिसरीमध्ये पाण्यात न विरणारे तांबड्या



रंगाचे कण तरंगत असलेले पाणी घ्या. तिन्हीमध्ये एकच प्रकारची वनस्पती ठेवा. काही दिवसांनी दुसऱ्या नळीतील वनस्पती रंगीत झालेली दिसेल. पहिल्या व तिसऱ्या नळीतील वनस्पती फक्त पाणीच शोषून घेत असल्यामुळे ती रंगहीन दिसेल.

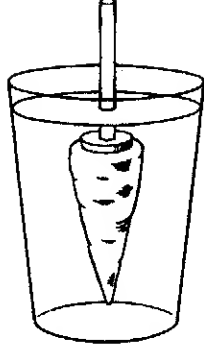
४. साधे रसाकर्षण मापक (ऑस्मोमीटर)



२.५ सें. मी. व्यास असलेल्या काचेच्या बाटलीचा तळ काढून त्या ठिकाणी एक भोक असलेले बूच बसवा. या भोकातून ५० सें. मी. लांबीची (पेय पिण्याच्या दोन कागदी नळ्यांची लांबी) एक काचेची नळी बसवा. बाटलीच्या दुसऱ्या तोंडावर सेलोफेन किंवा पार्चमेंट कागद बसवून तो बळकट दोऱ्याने पुष्कळ वेढे देऊन घट्ट बांधा. बाटलीत साखरेचे अतितीव्र द्रावण भरून तिच्या तोंडाला वरील बूच बसवा. बाटलीत हवा अजिबात राहणार नाही अशी काळजी घ्या. ही बाटली एका काचेच्या भांड्यांत पाणी घेऊन त्यात काही तास ठेवा.

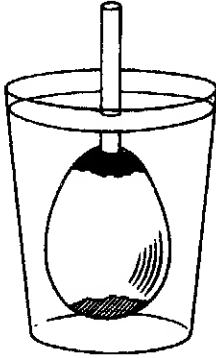
५. गाजराचे रसाकर्षण मापक

वरचा पृष्ठभाग मोठा असलेले व सभोवतालच्या भागात चिरा नसलेले एक गाजर घ्या. वरच्या पृष्ठभागामध्ये २ ते २.५ सें. मी. खोल असे एक भोक पाडा. ते पाडताना गाजराला भेग पडणार नाही अशी काळजी घ्या. या भोकात साखरेचे तीव्र द्रावण भरा. एक भोक असलेले बूच पक्के बसवा. या बुचामध्ये अगोदर एक काचेची नळी किंवा दोन गवताच्या नळ्या (पेय पिण्याच्या) बसवा. गाजराचा कापलेला भाग सारखा नसल्यास जळत्या मेणबत्तीचे वितळलेले मेण घालून बूच पक्के बसवा. हे गाजर पाण्यामध्ये काही तास ठेवा.



६. अंड्याचे रसाकर्षक मापक

एका बशीत सुमारे १ सें. मी. खोलीपर्यंत सौम्य लवणाम्ल किंवा तीव्र व्हिनेगर घ्या. अंड्याच्या रुंद टोकाचा भाग त्यात बुडवून ठेवा. काही वेळाने कठीण कवच विरघळून जाईल व आतील पातळ पापुद्रा उघडा होईल. अंडे बाहेर काढून स्वच्छ धुवून घ्या. अंड्याच्या दुसऱ्या टोकाच्या (निमुळत्या) पृष्ठभागावर एक लहानसे भोक पाडा. या भोकातून एक पेय पिण्याची (गवताची) किंवा काचेची नळी आत घाला. वरचे तोंड मेणाने वाताभेद्य करा. हे अंडे पाण्याच्या भांड्यात काही तास ठेवा.



७. मुळांवर गुरुत्वाकर्षणाचा परिणाम

८ चौ. सें. मी. मापाचे टीपकागदाचे तुकडे घ्या. हे टीपकागद काचेच्या दोन चौरसकृती तुकड्यांमध्ये ठेवा. वरच्या आणि तळच्या टीपकागदावर मुळ्याचे बी किंवा मोहरी ठेवा. सर्व साहित्य एकत्र बांधून ओले करा व पाणी असलेल्या बशीमध्ये उभे ठेवा. बियांना कोंब फुटून सुमारे १.५ सें. मी. मुळे वाढली म्हणजे सर्व साहित्य ९० अंश कोनातून फिरवून उभ्याचे आडवे करा. मात्र साहित्याची रचना बदलून का. साहित्य ३-४ वेळा ९० अंशामधून फिरवा

व त्यामुळे मुळाच्या वाढीवर काय परिणाम होतो ते पहा.

आणखीही एक प्रयोग करून पाहता येईल. सरळ कोंब फुटलेल्या एक बीमध्ये एक लांब सुई आरपार घुसवा व तिचे अणकुचीदार टोक बुचामध्ये बसवा. एक काचेची बाटली आडवी करून तिच्या तळाशी भिजवलेला कापूस किंवा टीपकागद ठेवा. तिच्यामध्ये वरील बूच आकृतीत दाखविल्याप्रमाणे बसवा. ही बाटली एका कपाटात अंधान्या जागी ठेवा व दर तासाने तिचे निरीक्षण करा.



८. पाण्याचा मुळांच्या वाढीवर होणारा परिणाम

एका काचेच्या मोठ्या बशीच्या अगर पत्र्याच्या झाकणाच्या कोपऱ्यात काही बी रुजत घाला. मोड सुमारे ५ सें. मी. वाढले म्हणजे त्यांच्यापासून काही अंतरावर रोज पाणी घालत जा. पाणी घालावयाचे ते अगदी शेवटच्या मोडापासून काही अंतरावर पडले पाहिजे. सुमारे एक आठवडाभर अशा रीतीने पाणी घातल्यानंतर मुळांच्या शेजारची माती हलकेच उकरून पहा. म्हणजे मुळांच्या वाढीच्या दिशेवर काय परिणाम झालेला आहे तो तुम्हांस दिसेल.

९. वनस्पतीच्या वेगवेगळ्या भागांपासून मुळाची वाढ

वाळूने भरलेला एक खोका सावलीत ठेवा. त्यामध्ये पाणी ओतून वाळू ओली करा. नंतर तीमध्ये खालील गोष्टी ठेवा :-

(अ) वेगवेगळ्या प्रकारचे कंद

(आ) बेगोनिया व जिरेनियम यांच्या खोडाचे तुकडे

(इ) उसाचे कांडे, पेरंका सांधा वाळूत पुरावा.

(ई) बांबूच्या खोडाचा तुकडा. पेरंका सांधा वाळूत पुरावा.

(उ) मुळाचा थोडासा भाग असलेले गाजर, मुळा व बीट यांचे शेंडे

(ऊ) कांदा

(ए) कर्दळ

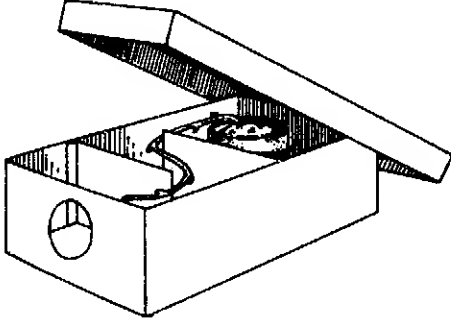
(ऐ) डोळा असलेले बटाट्याचे तुकडे

(ओ) वाळुंजीच्या (विलो) झाडाची फांदी

आ. खोड

१. खोडांच्या वाढीवर उजेडाचा होणारा परिणाम

(अ) कोणतेही द्विदल धान्य, मुळा, घेवडा, मोहरी वगैरेसारखे लवकर उगवणारे बी दोन छोट्या कुंड्यांमध्ये पेरा. रोपाची उंची २.५ सें. मी. पर्यंत वाढली म्हणजे वरच्या बाजूवळ भोक असलेली एक पेटी एका कुंडीवर घाला. वनस्पतीची वाढ कोणत्या दिशेने होत आहे ते मधूनमधून पेटी उचलून पहा. आता उजेड दुसऱ्या दिशेने येईल अशी पेटी फिरवा व काही दिवसांनी रोपांची वाढ कोणत्या दिशेने होते ते पहा.



(आ) आकृतीत दाखविल्याप्रमाणे एका लांब व अरुंद पेटीमध्ये दोन लाकडी फळ्या बसवा. पेटीच्या दुसऱ्या बाजूस भोक पाडा. पेटीमध्ये मावेल अशी कुंडी घेऊन तीत कोंब आलेला बटाटा लावा. नंतर ही कुंडी भोक पाडलेल्या बाजूपासून दूर असलेल्या फळीमागे ठेवा. पेटी बंद करून खिडकीत ठेवा. वनस्पतीची वाढ कोणत्या दिशेने होते ते मधूनमधून पहा.

(इ) चार छोट्या कुंड्या घेऊन त्यांमध्ये वर (अ) मध्ये सांगितल्याप्रमाणे लवकर उगवणारे बी लावा. रोपाची वाढ सुमारे २.५ सें. मी. उंच होईपर्यंत सर्व कुंड्या अंधान्या खोलीत ठेवा. नंतर एक कुंडी ऊन आत येणाऱ्या खिडकीत ठेवून त्याचा परिणाम काय होतो ते पहा. उजेडाच्या विरुद्ध दिशेस रोप फिरवून ठेवा व परिणामाचे निरीक्षण करा. प्रत्यक्ष सूर्यकिरण पडणार नाहीत अशा ठिकाणी काही दिवस कुंड्या ठेवून रोपाची वाढ कशी होते ते पहा.

(ई) वरीलपैकी राहिलेल्या तीन कुंड्या वेगवेगळ्या पेटीत ठेवा. या पेटींना एका बाजूस भोक पाडून त्यावर वेगवेगळ्या रंगांचा (तांबडा, पिवळा, निळा वगैरे)

सेलोफेनचा पारदर्शक कागद बसवा. या कागदामधून प्रकाश आत जाईल अशा तऱ्हेने तिन्ही पेटी खिडकीत ठेवा. वेगवेगळ्या रंगांच्या प्रकाशकिरणांमुळे वनस्पतीच्या वाढीवर होणाऱ्या परिणामाचे निरीक्षण करा.

२. खोड द्रव पदार्थ वाहून नेते.

(अ) सेलरी नावाच्या वनस्पतीच्या (माठ किंवा राजगिऱ्याची जाड डेखेही चालतील) देठाची सुमारे २ सें. मी. टोके कापून टाका व ते देठ सुमारे तासभर थंड पाण्यात ठेवा म्हणजे ते टवटवीत होतील, नंतर हे देठ काही तास तांबडी शाई असलेल्या बशीमध्ये उभे ठेवा. देठांचे बारकाईने निरीक्षण करा. या देठांचे लहान लहान तुकडे करून त्यामध्ये शाई कोठपर्यंत वर चढली आहे ते पहा. काहीमधून शाई चढलेल्या नळ्या ओढून काढण्याचा प्रयत्न करा.

(आ) लांब देठ असलेली कार्नेशनसारखी फुले घ्या. त्यांच्या देठाच्या टोकाचा सुमारे २ सें. मी. लांबीचा भाग कापून टाका. कापण्याचे काम धारदार चाकूने पाण्याखाली करा. या सर्व फुलांच्या देठांची खालची टोके वेगवेगळ्या रंगांच्या पाण्यामध्ये बुडवून ठेवा. काही तासांनंतर काय परिणाम होतो ते पहा.

(इ) सोनटक्क्यासारख्या लांब देठ असलेल्या फुलाच्या देठाला वस्तूच्याच्या पात्याने तीन चिरा पाडा व देठाच्या सुमारे ८ ते १० सें. मी. लांबीच्या चिरफळ्या करा. देठ आणखी चिरला जाऊ नये म्हणून त्यावर टेप गुंडाळा. हे चिरलेले तिन्ही भाग वेगवेगळ्या रंगांच्या शाईमध्ये बुडवून ठेवा. काही तासांनी फुलावर काय परिणाम होतो ते पहा.

(ई) वेगवेगळ्या प्रकारच्या झाडांच्या डहाळ्यांची कापलेली टोके रंगीत शाईत बुडवून ठेवा. काही तासांनी धारदार चाकूने त्याचे लहान तुकडे करून शाई कोठपर्यंत चढली आहे ते पहा.

(उ) कुंड्यांमध्ये नेहमीच्या बागेतल्या वनस्पतींचे बी पेरा. रोपांची वाढ सुमारे ८ ते १० सें. मी. उंच झाली व वाढ जोराने होत असल्याचे दिसून आले की, देठ वरच्या बाजूस कापा. थोड्याच वेळात कापलेल्या जागी पाण्याचे थेंब जमलेले दिसतील.

३. खोडांचे प्रकार

(अ) एकदल वनस्पती बांबू, ऊस, एकदल धान्ये, इत्यादींची खोडे (ताटे) घेऊन धारदार चाकूने अथवा वस्तूच्या पात्याने त्यांचा आडवा छेद घ्या. छेदाच्या पृष्ठभागाचे निरीक्षण केल्यास त्यांच्यात काही सारख्या गोष्टी आढळतील. विशेषतः सालीच्या वर्तुळाच्या आत सर्व गाभाभर बारीक नळ्यांच्या जुडग्यांची तोंडे असलेली दिसतील.

(आ) द्विदल वनस्पती : वाळुंज, जिरेनियम, टोमॅटो, इत्यादि वनस्पतींची खोडे घेऊन धारदार चाकूने अथवा वस्तूच्या पात्याने आडवा छेद घ्या व त्याचे निरीक्षण करा. बाहेरच्या पातळ थराखाली एक हिरव्या रंगाचा थर दिसेल. याला कॅम्बियम (Cambium) थर म्हणतात. तसेच मध्याच्या कठीण लाकडाच्या भागाभोवती रसाकर्षक नळ्यांच्या जुडग्यांच्या तोंडांचे कडे असलेले आढळून येईल.

इ. पाने

१. पानांचे प्रकार

लिली, बांबू, ऊस, धान्ये, वाळुंज, जिरेनियम इत्यादी वनस्पतींची पाने जमा करून त्यांच्यामधील शिरांचे निरीक्षण करा. एकदल वनस्पतींच्या (लिली, बांबू, ऊस, एकदल धान्ये) पानांतील शिरा एकमेकांस समांतर असलेल्या दिसतील. द्विदल वनस्पतींच्या (वाळुंज, कडधान्ये, जिरेनियम इत्यादी) पानांमध्ये एक मुख्य शीर असून तिला अनेक उपशिरा (फाटे) दोन्ही बाजूस फुटलेल्या दिसतील.

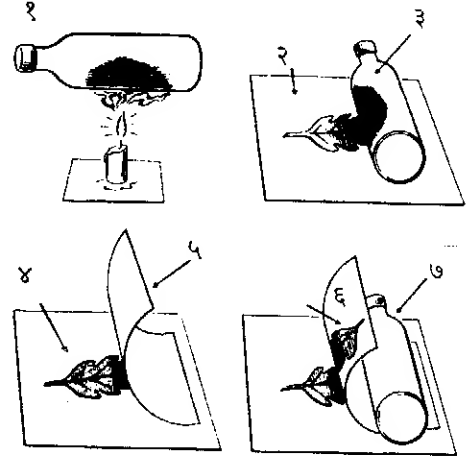
२. पानांचा संग्रह करणे.

विविध प्रकारच्या वनस्पतींची कोवळी रसरशीत पाने जमा करा. एका भक्कम गुळगुळीत लाकडी फळीवर किंवा पाटावर बरेसचे वर्तमानपत्रांचे कागद किंवा टीपकागद एकमेकांवर ठेवा. नंतर त्यावर एकमेकांपासून अलग अशी गोळा केलेली पाने पसरून ठेवा. या पानांवर आणखी काही कागद ठेवून त्यावर दुसरा पाट ठेवा व त्यावर काही मोठे दगड किंवा वजन ठेवा. अशा रीतीने पाने पूर्ण वाळेपर्यंत दाबाखाली राहू द्या. नंतर ही वाळलेली पाने एका वहीत दोऱ्याने, टाचण्यांनी किंवा चिकटपट्टीने व्यवस्थित लावा. प्रत्येक पानाखाली त्याचे नाव व त्यासंबंधी काही महत्त्वाची माहिती लिहून ठेवा.

३. पानांचा काजळी ठसा तयार करणे.

१. व्हॅसलीन लावलेली पाण्याने भरलेली बाटली, २. वर्तमानपत्राचा कागद, ३. काजळी लागलेली बाटली, ४. कागदावर काजळी लागलेले पान, ५. पांढरा कागद, ६. काजळी-ठसा, ७. स्वच्छ बाटली.

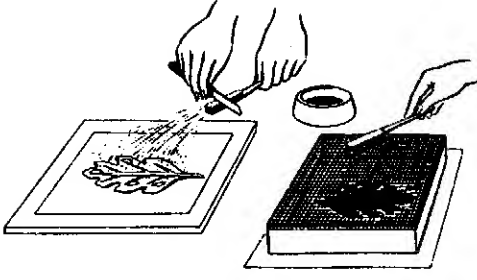
आकृतीत दाखविल्याप्रमाणे कृती करून पानांचे



काजळी ठसे घेता येतील. एक गोल उभट काचेची बाटली घेऊन तिच्या बाहेरील बाजूस व्हॅसलीनचा पातळ थर द्या. ही बाटली थंड पाण्याने पूर्णपणे भरून तिला बूच घट्ट बसवा. या बाटलीच्या गोल भागावर काजळीचा पातळ थर बसेपर्यंत तो मेणबत्तीच्या ज्योतीवर धरा. आता एक मोठे पान घेऊन ते शिरा वर येतील असे एका वर्तमानपत्राच्या कागदावर ठेवा व काजळी लावलेली बाटली तीवरून फिरवा. नंतर दुसऱ्या वर्तमानपत्राच्या कागदावर हेच पान वरीलप्रमाणेच ठेवून त्यावर एक पांढरा स्वच्छ कागद ठेवा. या कागदावरून एक स्वच्छ गोल बाटली रुळाप्रमाणे फिरवा म्हणजे कागदावर पानाचा हुबेहूब ठसा उमटलेला दिसेल.

४. पानांचे तुषार छाप उठविणे.

एका पांढऱ्या कागदावर एक पान ठेवून ते सपाट राहण्याकरिता त्याच्या बाजूला टाचण्या किंवा ड्रॉइंग पिन्स लावा अगर खडे ठेवा. एक जुना निरुपयोगी दुध-ब्रश



काळ्या शाईमध्ये किंवा पोस्टरच्या (भिंतीवरील जाहिराती) रंगामध्ये बुडवा. मात्र शाई किंवा रंग फार घेऊ नका. नंतर हा ब्रश कागदाच्या थोडासा वर धरून त्याच्या केसांवरून चाकूचे पाते हलकेच फिरवा. पानाच्या सर्व बाजूंनी शाईचे तुषार सारख्या प्रमाणात शिपडले गेले पाहिजेत. रंग वाळला म्हणजे पान काढून घ्या.

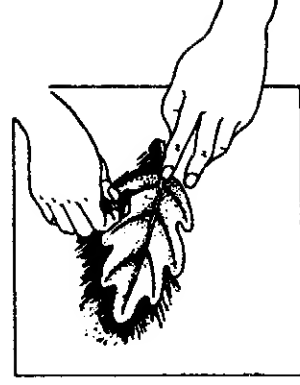
अशा रीतीने तुषार छाप उठविण्याकरिता आकृतीत उजव्या बाजूला दाखविल्याप्रमाणे पेटी तयार करता येईल. एका उथळ लाकडी पेटीवर अगर चौकटीवर खिडकीच्या जाळीचा तुकडा बसवावा. या जाळीवर रंगात बुडवलेला ब्रश घासून फिरवला म्हणजे खाली ठेवलेल्या कागदावर आणि त्यावरील पानांवर रंगाचे तुषार उडतील. निरनिराळ्या रंगीत कागदांवर पांढऱ्या रंगाचे तुषार उडवूनही हा प्रयोग करण्यासारखा आहे.

५. छापण्याची शाई वापरून पानाचा ठसा

एका काचेच्या सपाट तुकड्यावर अगर गुळगुळीत फरशी (टाइल) वर थोडीशी छापण्याची शाई घाला. रबरी रूळ (रोलर) वरून फिरवून ही शाई सगळीकडे सारखी पसरा. वर्तमानपत्राचे काही कागद एकावर एक ठेवून त्यांवर शिरा वर करून एक पान पसरून ठेवा व त्यावर वरील रूळ (रोलर) हलकेच फिरवा. नंतर एक पांढरा, स्वच्छ कागद घ्या व त्यावर हे पान अलगद उचलून शिरा खाली करून ठेवा. पानास धक्का न लागता वर्तमानपत्राचे काही कागद त्यावर ठेवा आणि वरून एक गोल उभट बाटली रुळाप्रमाणे हलकेच फिरवा. कागद बाजूला करून पान हळूच उचला. पानाचा ठसा पांढऱ्या कागदावर हुबेहूब उमटलेला दिसेल.

६. पानाची छायाचित्रे

एका पांढऱ्या कागदावर पान पसरून ठेवून ते अंगठ्याने किंवा बोटाने घट्ट धरून ठेवा. एक स्पंजचा तुकडा शाईच्या



पॅडवर दाबून त्याला शाई लावून घ्या.

नंतर आकृतीत दाखविल्याप्रमाणे पानाच्या सभोवतालच्या कडेने स्पंज हलकेच दाब देत व आतून बाहेर असे फटकारे मारीत फिरवा.

७. काजळ्या कागदाने (कार्बन पेपरने) पानाचा ठसा

एका पानाच्या शिरा असलेल्या बाजूवर व्हॅसलीनचा किंवा चरबीचा अगदी पातळसा थर द्या. वर्तमानपत्राच्या कागदाचे तुकडे एकावर एक ठेवून त्यावर शिराची बाजू वर करून पान ठेवा. या पानावर काजळ्या कागद (कार्बन पेपर) ठेवून त्यावर आणखी एक कागद ठेवा. या कागदावरून एक गोल पेन्सिल अनेक वेळा मागेपुढे रुळाप्रमाणे फिरवा. कागदावर पानाचा ठसा उमटेल.

८. पानांच्या रचनेचा अभ्यास

वेगवेगळ्या वनस्पतींच्या पानांची रचना कशी असते ते वरून पाहून त्यांचे निरीक्षण करा. झाडाला पाने कशी फुटलेली आहेत ते दाखविण्याकरिता पानांच्या विविध रचनेच्या आकृती काढा.

९. पानांची वाढ

रताळे पाण्यामध्ये ठेवले तर काही दिवसांत त्याला खूपशी पाने आलेली दिसतील. एक रताळे मूळ खाली करून एका काचेच्या भांड्यात किंवा वायुपत्रात ठेवा. रताळ्याचा खालचा एक तृतीयांश भाग बुडेल इतके पाणी त्यात घाला.

रताळ्याच्या बाजूला दोन-तीन ठिकाणी काड्या किंवा दात कोरणीच्या काड्या टोचून त्याचे बाहेरचे टोके भांड्याच्या कडेवर आधारतील असे करा. त्यामुळे रताळे



खडे गाजराचा माथा

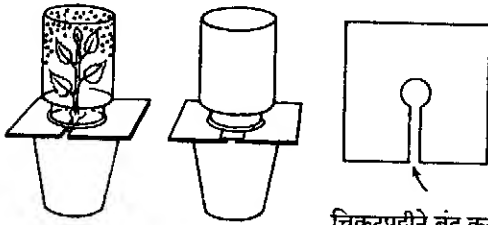
सरळ उभे राहण्यास मदत होईल.

गाजर, बीट व नवलकोल यांच्या मुळात अन्नाचा साठा भरपूर असतो. ही मुळे पाण्यात ठेवली असता पाने वाढलेली दिसतील, परंतु त्यांपासून नवीन वनस्पती उत्पन्न होणार नाहीत. मुळाचा वरचा ५ ते ८ सें.मी. एवढा भाग ठेवून बाकच्या सर्व भाग कापून टाका. पहिली सर्व पाने तोडून टाका. एका उथळ भांड्यात पाणी घेऊन त्यात हा कापलेला भाग ठेवा. मूळ स्थित राहण्याकरिता त्याभोवती काही खडे ठेवा.

एक अननस घेऊन त्याचा पानांच्या खाली ३ ते ५ सें.मी. अंतरावर छेद घ्या व तो तुकडा पाण्याने भारलेल्या उथळ भांड्यात ठेवा. अनेक आठवडे पानांची वाढ होत असलेली नजरेस येईल.

१० पाने पाण्याची वाफ बाहेर टाकतात.

दोन सारख्या आकारांच्या कुंड्यांत माती घेऊन एकीमध्ये वनस्पतीचे रोपटे लावा व दुसरी कुंडी तशीच ठेवा. दोन्हीमध्ये

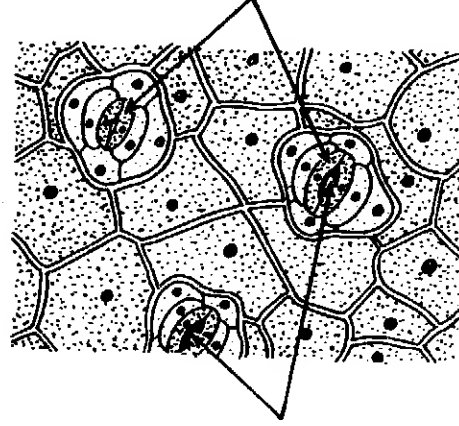


पाणी घालून आकृतीत दाखविल्याप्रमाणे प्रत्येक कुंडीवर कार्डबोर्डचे झाकण झाला. तसेच प्रत्येकीवर काचेची आतून व बाहेरून कोरडी केलेली बरणी ठेवा. दोन्ही भांडी सूर्यप्रकाशात शेजारी ठेवा व संबंध दिवसभरात दोन्हीमध्ये दिसून येणाऱ्या फरकाचे मधून मधून निरीक्षण करा.

११. पानांची आंतररचना

दुसऱ्या एखाद्या शाळेतून, डॉक्टरकडून अगर हॉस्पिटलमधून एक सूक्ष्मदर्शक यंत्र (मायक्रोस्कोप) मागून आणा. त्यामधून पानाच्या खाली बाजूचे निरीक्षण करा. श्वासोच्छ्वास करणारी बारीक छिद्रे व प्रत्येक छिद्राच्या

संरक्षक पेशी



श्वासनछिद्र

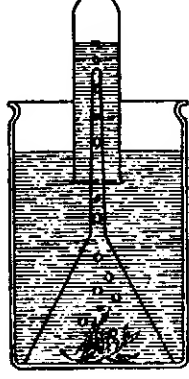
दोन्ही बाजूस असलेल्या संरक्षण पेशी हुडकून पहा. वस्तूच्या पाल्याने एका पानाचा पातळ छेद घेऊन त्याच्या कडांचे सूक्ष्मदर्शक यंत्रामधून निरीक्षण करा. संरक्षक थर, बाह्यत्वचा व सच्छिद्र थर (स्पंजासारखा) अशा प्रकारचे तीन थर दिसतात का पहा. यापैकी सच्छिद्र थरामध्ये रसवाहिनीचे तोंड व श्वसनछिद्र असल्याचे लक्षात येईल.

१२. हिरवी पाने वनस्पतीच्या वाढीकरिता अन्न तयार करतात.

एका काचेच्या भांड्यात अल्कोहोल घेऊन ते भांडे अल्कोहोल उकळू लागेपर्यंत उकळत्या पाण्यात धरा. सूर्यप्रकाशात बराच वेळ असलेली हिरवीगार पाने तोडा व ती उकळत्या अल्कोहोलमध्ये ठेवा. पानांतील हरितद्रव्य निघून गेल्याबरोबर पाने बाहेर काढा व लगेच गरम पाण्यात बुडवून ठेवा. त्यातील एक पान घेऊन ते काचेच्या तुकड्यावर पसरून ठेवा. त्यावर टिक्कर आयोडीन पसरून ते पान काही वेळ तसेच ठेवा. पानाचा रंग गडद निळा झालेला दिसेल. कारण पानामध्ये सूर्यप्रकाशात पिष्टमय पदार्थ तयार झालेला असतो.

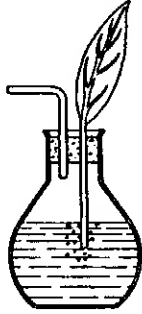
१३. हिरवी पाने सूर्यप्रकाशात प्राणवायू बाहेर टाकतात.

एका काचेच्या भांड्यात पाणी घेऊन त्याच्या तळाशी पाणवनस्पती ठेवा. त्यावर एक काचेचे फनेल उलटे ठेवा. फनेलच्या नळीवर पाण्याने पूर्णपणे भरलेली परीक्षानळी उलटी ठेवा. हे सर्व साहित्य प्रखर सूर्यप्रकाशात ठेवा. काही वेळाने वनस्पतीपासून वायूचे बुडबुडे उत्पन्न होतील



व ते परीक्षानळीत वर चढतील. त्यामुळे नळीतील पाणी हळूहळू खाली येऊ लागेल. नळी बाजूस काढून आतील वायूचे, मंद जळणारी ढलपी वापरून निरीक्षण करता येईल.

१४. हवा पानामधून वनस्पतीमध्ये येऊ शकते.



१. फुलांचा संग्रह करणे.

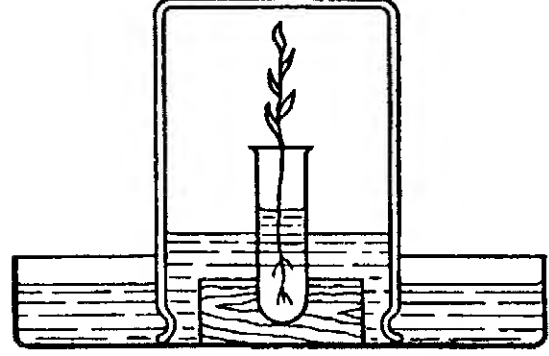
पानांचा संग्रह करण्याकरिता उपयोगात आणलेली पद्धतच फुलांच्या संग्रहाकरिताही वापरा. ('इ' विभाग - २ रा. परिच्छेद)

२. फुलांच्या प्रमुख भागांचा अभ्यास

साधी रचना असलेल्या पण आकाराने मोठ्या

दोन भोके असलेले एक बूच घ्या. एका भोकात लांब देठ असलेले पान बसवा व दुसऱ्या भोकात काटकोनात वाकलेली काचेची नळी बसवा. नंतर पाण्याने भरलेल्या चंबूला हे बूच घट्ट बसवा व त्याचे तोंड वाताभेद्य करा. नळीमधून चंबूतील हवा ओढून घ्या. देठाच्या खालच्या टोकातून हवेचे बुडबुडे पाण्यात येत असलेले दिसतील.

१५. वनस्पतीचे श्वसन

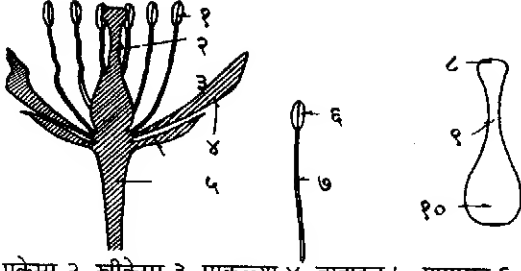


एका जड केलेल्या लाकडी ठोकळ्यात बसविलेल्या परीक्षानळीत एक वनस्पती ठेवा. हा ठोकळा चुन्याच्या निवळीने भरलेल्या काचपात्रात ठेवा व एका काचेच्या भांड्याने वनस्पती झाकून टाका. हे सर्व साहित्य अंधाऱ्या जागी बरेच तास ठेवा व दुसऱ्या दिवशी त्याचे निरीक्षण करा.

चुन्याची निवळी पांढरी झालेली दिसेल व उपड्या ठेवलेल्या भांड्यात पाणी वर चढलेले असेल. यावरून वनस्पतीने प्राणवायू शोषून घेऊन कर्बाम्ल वायू बाहेर टाकला असला पाहिजे हे समजून येईल.

ई फुले

असलेल्या फुलांचे काही नमुने (लिली, जास्वंद अगर धोतरा) घेऊन त्याचे निरीक्षण करा. पुंकेसर मोजून त्यांची रचना स्त्रीकेसराभोवती कशी असते ते पहा. फुलाच्या प्रमुख भागांची मोठी आकृती काढा. स्त्री-केसर आणि पुंकेसर यांच्या भागांची नावे लिहून ठेवा. (उदा. स्त्री-केसराग्र, परागवाहिनी, बीजकोश, परागकोश केसर)



१. पुंकेसर २. स्त्रीकेसर ३. पाकळ्या ४. बाह्यदल ५. पुष्पासन ६. कळा ७. केसर ८. स्त्री केसरग्र ९. परागवाहिनी १०. बीजकोश

दांड्याच्या ज्या भागापासून फुलाच्या वाढीला सुरुवात होते, त्यास 'पुष्पासन' म्हणतात. यांच्या तळाशी पानासारखा भाग असतो. त्यामुळे कळी झाकली जाते. या भागास 'बाह्यदल' म्हणतात. या भागाच्या वर असलेल्या पाकळ्यांच्या समूहाला 'पुष्पमुकुट' म्हणतात.

३. साध्या फुलांचे भाग वेगवेगळे करणे.

पाच पांढरी काडें किंवा कागदाचे चौकोनी तुकडे घेऊन प्रत्येकावर पुढील नावांपैकी एकेक नाव लिहा : पुंकेसर, स्त्रीकेसर, पाकळ्या, बाह्यदल, पुष्पासन. फुलाचा प्रत्येक भाग काळजीपूर्वक वेगळा करा व वरील कार्डावर नावाप्रमाणे व्यवस्थित ठेवा.

काही फुलांचे भाग सहज ओढून वेगळे करता येतील. पण जरूर पडेल तेव्हा चाकूचा किंवा कात्रीचा उपयोग करा. फुले पुरेशी मिळाली तर प्रत्येक विद्यार्थ्याला हा एक उपयुक्त स्वतंत्र व्यवसाय देता येईल. पाकळ्यांची एक रांगा असलेली साध्या रचनेची फुले ही काडें तयार करण्याकरिता निवडावी.

एक पुंकेसर घेऊन त्याचा परागकोश (कळा) काळ्या कागदावर घासा. कागदावर बरेचसे परागकण पहावयास मिळतील.

एका तीक्ष्ण चाकूने बीजकोशाचा आडवा छेद घ्या. त्यामध्ये असलेल्या बीजांडांचे व बियांचे निरीक्षण करा.

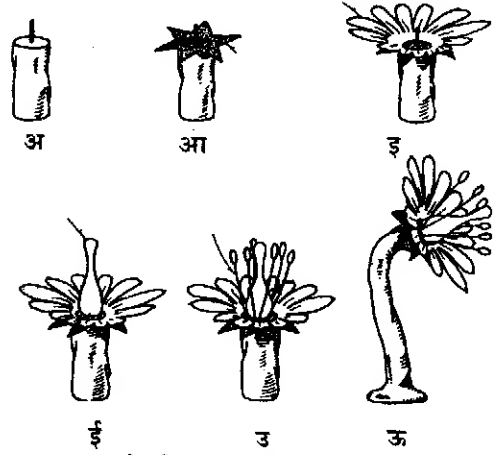
४. वेगवेगळ्या फुलांतील परागकणांचे निरीक्षण

पुंकेसरावर परागकण तयार झाले आहेत, अशी वेगवेगळी फुले घ्या. प्रत्येक फुलातील परागकण वेगवेगळ्या काळ्या किंवा गडद रंगाच्या कागदाच्या तुकड्यावर झटकून पाडा. भिंगातून प्रत्येक प्रकारच्या परागकणांचे निरीक्षण करा व काय फरक दिसून येतो ते पहा. त्याची नोंद करा.

५. परागकणांना अंकुर फुटणे.

साखरेचे तीव्र द्रावण तयार करा व एका उथळ बशीमध्ये ओतून घ्या. काही फुलांचे परागकण या द्रावणावर टाका. बशीवर काचेचे झाकण घालून ती काही तास ऊबदार जागेत ठेवा. प्रयोग यशस्वी झाला तर परागकणांमधून बारीक नळ्या फुटलेल्या दिसतील. मात्र, पाहण्याकरिता भिंगाचा उपयोग करावा लागेल.

६. साध्या फुलाचा नमुना तयार करणे.



१) दातकोरणे, २) चिकणमातीचा दांडा, ३) कागदाचे बाह्यदल, ४) कागदाच्या पाकळ्या ५) चिकणमातीचा स्त्री केसर. ६) दातकोरण्याचे पुंकेसर

चिकणमाती, रंगीत कागद व दात कोरण्याच्या काड्या वापरून सर्व भाग स्पष्टपणे दाखवणारा फुलाचा एक नमुना तयार करता येईल. विद्यार्थ्यांना हा एक उत्तम व्यवसाय मिळून त्यामुळे फुलाचे सर्व भाग लक्षात ठेवण्यास त्यांना सोपे जाईल.

२ सें.मी. व्यास आणि ५ सें.मी. लांबी असलेला एक चिकणमातीचा दंडगोल तयार केला की तो फुलाचा दांडा होईल. या दांड्याची एक बाजू टेबलावर दाबून तो दांडा पक्का बसवा. दुसऱ्या बाजूस मधोमध दात कोरण्याच्या काडीचा निम्मा भाग आत घुसवून बसवा. (आकृती - अ)

फुलाचे बाह्यदल तयार करण्याकरिता एका हिरव्या कागदाचा सहा टोके असलेला ताऱ्यासारखा तुकडा कापून घ्या. त्याच्या मध्यावर १ सें. मी. व्यासाचे छिद्र पाडा व 'आ' आकृतीत दाखविल्याप्रमाणे दांड्यामध्ये बसवा.

भडक रंगीत कागद घेऊन त्याचा पुष्पमुकुट तयार करा.

त्याच्या मध्यावर छिद्र पाडून 'इ' आकृतीत दाखविल्याप्रमाणे तो मुकुट बाह्यदलावर बसवा.

चिकणमातीचा सुरईचा आकाराचा स्त्री-केसर हा भाग तयार करा आणि दातकोरण्याच्या वर असलेल्या भागामध्ये तो बरोबर बसवा. (आकृती 'ई')

आता दातकोरणीचे काही तुकडे घेऊन त्यांच्या टोकांना पुंकेसर म्हणून चिकणमातीचे बारीक गोळे बसवा. हे सर्व तुकडे स्त्री-केसराच्या तळाशी सभोवताली चिकणमातीत थोडेसे घुसवून बसवा. (आकृती 'उ')

यानंतर दांडा थोडा लांबवून वरच्या भागास थोडीशी गोलाई द्या, म्हणजे फुलाचा एक हुबेहूब नमुना तयार होईल. (आकृती 'ऊ' पहा.)

७. फुलांचे निरीक्षण करण्याकरिता सहल -
बहरलेल्या फुलांचे निरीक्षण करण्याकरिता एखाद्या

सहलीची योजना तयार करा. शाळेशेजारी रानटी फुले फारशी वाढलेली नसतील तर एखाद्या खाजगी बागेत सहल न्या. निरनिराळ्या फुलांचा संग्रह करा.

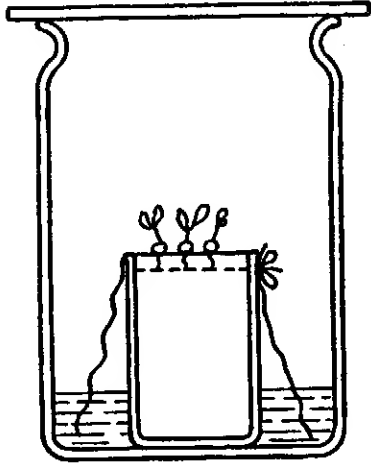
८. फुलाचे फळ कसे तयार होते?

नुकत्याच उमललेल्या कळीपासून फुलाच्या पाकळ्या गळू पडेपर्यंत फुलाच्या वाढीच्या वेगवेगळ्या अवस्था असतात. या प्रत्येक अवस्थेतील फुलाचा एकेक नमुना जमा करा. प्रत्येकाचा बीजकोश कापून बी तयार होताना कोणकोणते बदल होत गेले आहेत ते पहा.

वाटाण्याच्या किंवा मुगाच्या अगदी ताज्या शेंगा घेऊन त्यापैकी पूर्ण वाढ न झालेल्या शेंगा उघडून पहा. यामध्ये व पूर्ण वाढ झालेल्या शेंगांमध्ये दिसून येणाऱ्या फरकाचे निरीक्षण करा. अपूर्ण वाढ झालेले बी म्हणजेच परागणाने फलित न झालेले बीजांडाचे अवशेष होत.

३. बिया

१. बिया रुजविण्याचा एक चांगला उपाय

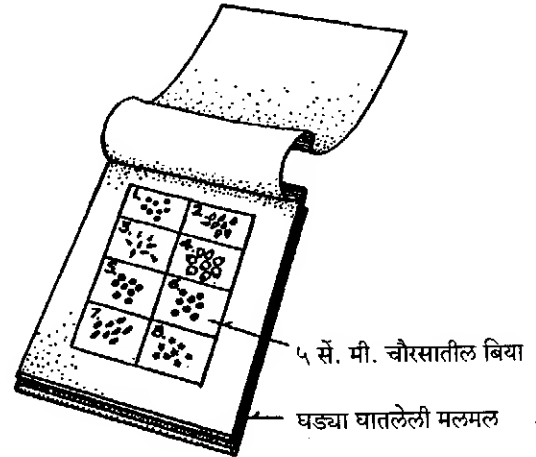


एका मोठ्या काचेच्या बरणीत काही उंचीपर्यंत पाणी घ्या. पाण्यामध्ये एक लहानशी उभट बाटली ठेवून तिच्या तोंडावर एक फडक्याचा दादरा बांधा. या फडक्याची बाजूची टोके पाण्यात बुडलेली असावीत. फडक्यावर बिया ठेवा. मोठ्या भांड्यावर एक काचेचं झाकण ठेवा. त्यामुळे आतील हवा दमट राहिल.

२. कापडू पट्ट्यांत बिया रुजवून पाहणे.

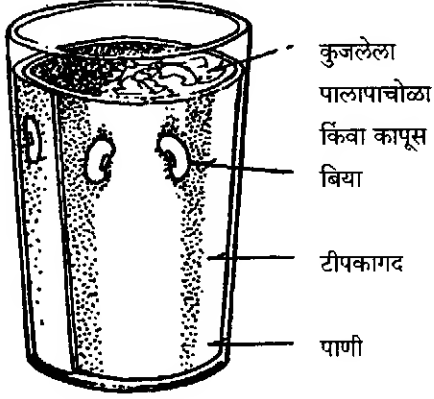
१. चौ. मीटर मलमलीच्या कापडाला एकाच बाजूने

दोन घड्या घाला. तयार झालेल्या मलमलीच्या पट्ट्याच्या तुकड्यावर एका टोकाला सुमारे ५x५ सें. मी. मापाचे ८-१० चौरस आखा. या चौरसांना क्रमांक देऊन प्रत्येक चौरसामध्ये दहा बिया ठेवा. त्यावर पट्ट्याच्या दुसऱ्या टोकाचे आच्छादन घाला. नंतर या पट्ट्याची गुंडाळी करून तीवरून सैलसर दोरी बांधा. ही गुंडाळी पाण्यातून भिजवून ओली करा व उबदार जागेत काही दिवस ठेवा. त्यानंतर वरचे आच्छादन बाजूला करून प्रत्येक चौरसातल्या किती बियांना मोड आलेले आहेत ते पहा.



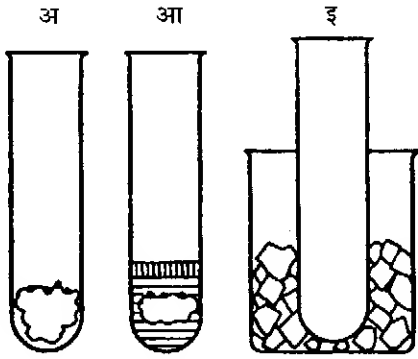
३. ग्लासातील बाग

उभट आकाराचे काचेचे ग्लास वापरून एक छोटीशी बाग तयार करता येईल. प्रत्येक मुलाने अशी बाग तयार करून बियांच्या वाढीचे दिवसादिवसाला निरीक्षण करावे व त्याची चित्रे काढून ठेवावी.



एक चौकोनी टीपकागद घेऊन तो आकृतीत दाखविल्याप्रमाणे काचेच्या ग्लासाला आतील बाजूने गुंडाळा. ग्लासचा मधला भाग कुचलेला पालापाचोळा, कापूस, लाकडी भुसा अशांसारख्या पदार्थांनी भरा. त्यापूर्वी ग्लासाच्या तळाशी पाणी घालून ठेवा. टीपकागद आणि ग्लासाची बाजू यामध्ये काही बिया घुसवून ठेवा.

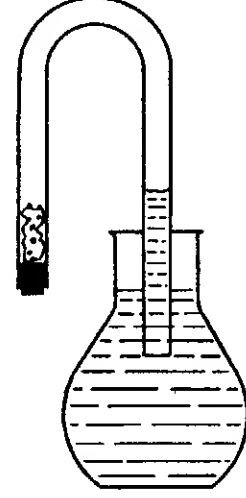
४. बियांच्या रुजण्यास आवश्यक असलेल्या गोष्टींचा अभ्यास



सोबतच्या आकृतीत 'अ' नळीत बियांना फक्त हवा व उबदारपणा मिळत आहे. परंतु पाणी अजिबात दिलेले नाही. 'आ' नळीमध्ये बियांना फक्त पाणी व उबदारपणा मिळतो. कारण पाण्याच्या पृष्ठभागावर उकळलेल्या तेलाचा

(बॉइलड ऑईल - रंगाकरिता वापरतात ते) थर असल्यामुळे बियांना हवा मिळू शकत नाही. 'इ' नळीमध्ये बियांना पाणी व हवा मिळते. परंतु नळी गोठविण्याच्या मिश्रणात ठेवल्यामुळे त्यांना ऊब मिळत नाही.

५. बियांच्या रुजण्यास प्राणवायूची जरूरी असते हे दाखविणे.

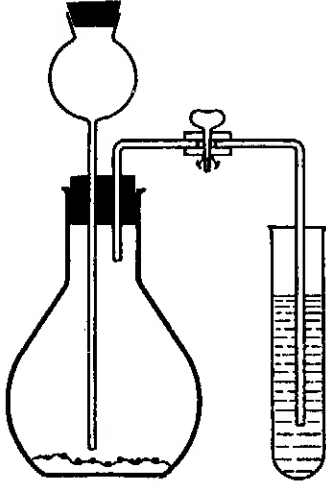


एका बाकदार नळीच्या तोंडाशी ओलसर कापूस ठेवून त्यात मोहरी ठेवा व त्याला बूच लावा. एका चंबूमध्ये कॉस्टिक सोड्याचे सौम्य द्रावण घेऊन त्यामध्ये नळीचे दुसरे टोक बुडवून ठेवा. काही दिवसांनी द्रावण नळीत चढलेले दिसेल. बूच काढून नळीत पेटवलेली काडी धरली तर ती लगेच विझेल. कारण आतील प्राणवायू बहुतेक संपलेला असतो.

६. बियांच्या रचनेचा अभ्यास

वाटाणा, भोपळा, सूर्यफूल, द्विदल धान्ये अशा प्रकारच्या मोठ्या बिया घेऊन त्या बराच वेळ पाण्यात भिजत ठेवा. त्यांचे वरचे पातळ आच्छादन काढून काळजीपूर्वक दोन भाग करा. आतील भागांचे बारकाईने निरीक्षण करण्यास सांगा. विद्यार्थ्यांना वेगवेगळ्या भागांची शास्त्रीय नावे सांगण्याचे फारसे महत्त्व नसले तरी ती मनोरंजक वाटतील. परंतु त्यापेक्षा भावी वनस्पती निर्माण करणारा अंकुर कोणता व वनस्पतीच्या वाढीकरिता जरूर असलेल्या अन्नाचा साठा कोणता ते ओळखता येणे जास्त महत्त्वाचे आहे.

७. बी रुजताना उत्पन्न होणाऱ्या वायूचे परीक्षण करणे.

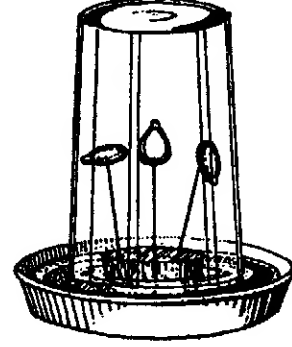


आकृतीत दाखविल्याप्रमाणे उपकरणाची रचना करा. चंबूच्या तळाशी ओलसर कापूस ठेवून त्यावर मोहरीचे बी ठेवा. त्यांना काही दिवसांनी मोड येतील. त्यानंतर थिसल-फनेलचे बूच काढून त्यामध्ये पाणी ओता. त्याच वेळी चिमटा सैल करा. पाण्याने बाजूस सारलेली हवा

(बुडबुडे) वाकड्या नळीतून परीक्षानळीतील चुन्याच्या निवळीत जाईल व निवळी पांढरी होईल. कारण बी रुजताना कार्बन डायॉक्साइड तयार झालेला असतो.

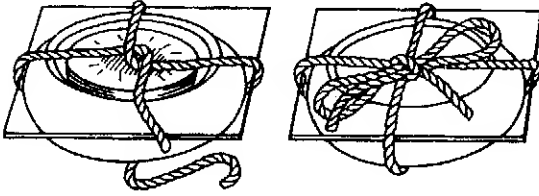
८. बियांना कोणत्या दिशेने कोंब फुटतो ते दाखविणे.

भोपळ्याच्या किंवा कोणत्याही मोठ्या आकाराच्या बिया रात्रभर भिजत ठेवा. नंतर आकृतीत दाखविल्याप्रमाणे त्यापैकी तीन बिया टाचण्यांच्या टोकात घुसवून बसवा. एका बीचा शेंडा वर, दुसरीचा खाली व तिसरीचा बाजूस अशा बिया बसवा. सर्व उपकरण दमट हवेत ठेवा व कोंबाची वाढ कोणत्या दिशेने होते ते पहा.



ऊ. सूक्ष्म जंतू

१. जंतूंच्या भशागतीकरिता पूर्वतयारी



सुमारे २ ते ३ इञ्ज काचेच्या बशा घ्या. पलंगाच्या खुरांखाली ठेवण्याच्या बशा चालतील. त्यावर ठेवण्याकरिता ५ चौ. सें. मी. मापाच्या काचेच्या तावदानाची झाकणे तयार करा. बशांमध्ये बरोबर बसतील असे ६ ते ८ मि. मी. जाडीचे बटाटा, गाजर किंवा रताळ्याचे तुकडे कापून घ्या. जंतूंच्या वाढीकरिता हा वाफा तयार झाला.

हा प्रयोग करताना स्वच्छतेसंबंधी विशेष काळजी घेतली पाहिजे. कापलेले तुकडे, बशा व त्यांची झाकणे

स्वच्छ धुवून कोरडी करा. बशा व झाकणे स्वच्छ पांढऱ्या कागदावर ठेवा. स्वतःचे हातही अगदी स्वच्छ आहेत अशी खात्री करून घ्या. नंतर दातकोरण्याच्या अगर लाकडाच्या बारीक ढलण्यांनी कापलेले तुकडे उचलून बशात ठेवा. आकृतीत दाखविल्याप्रमाणे झाकणे बांधून टाका. एका मोठ्या थाळ्यात बशा ठेवून तो थाळा भट्टीमध्ये 110° ते 120° से. तापमानापर्यंत तासभर तापवा. त्यामुळे आतील जंतूंचा नाश होईल.

२. जंतूंची बाग करणे.

वरील बशा ठरावीक उष्णमानापर्यंत तापविल्यानंतर त्या थंड होऊ द्या. थंड झाल्या म्हणजे त्या एका टेबलावर ठेवा. मात्र त्याची झाकणे उघडण्याची घाई करू नका. एका भांड्यात सुमारे ३० ते ४० दातकोरणी ठेवून त्यास घट्ट झाकण बसवा. हे भांडे सुमारे तासभर भट्टीत तापवा. त्यामुळे आतील दातकोरणी निर्जंतुक होतील. नंतर एकेक दातकोरणे चिमट्याने बाहेर काढा.

आता जंतूंची खूप वाढ झालेले पदार्थ घ्या. उदा., नासलेले फळ, किडलेला दात, घाणेरडे नाणे, नखाखालील घाण इत्यादी. या पदार्थांना दातकोरण्याच्या टोकाचा स्पर्श करा. नंतर बशांवरील झाकण चटकन काढून आतील बटाट्याच्या तुकड्यावर दातकोरणे घासा व लगेच झाकणे घाला.

बशा उघडत असतानाही बाहेरच्या हवेतील जंतू किंवा धुरळा आत जाऊ नये म्हणून झाकण अगदी जरूर तेवढेच उघडा. बशीवरील झाकणे पुन्हा बांधून टाका व बशा अंधान्या दमट जागेत ठेवा. काही दिवसांनी बशा उघडल्या की बटाट्याच्या तुकड्यावर ठिपके दिसतील. प्रत्येक ठिपक्यावर जंतूंची वसाहतच स्थापन झाली असल्याचे आढळून येईल.

३. जंतूंच्या बागेचा आणखी एक प्रकार

एका भांड्यात पाणी घेऊन त्यात थोडेसे तांदूळ किंवा बटाटे चांगले शिजवा. नंतर त्यातील पाणी फक्त वेगळे करा. या पाण्याचा उपयोग करून जिलेटिन किंवा आगर तयार करा. यामध्ये चिमूटभर मीठ व मांसाचे कढण किंवा सूप ब्यूब टाका. आता वरील प्रयोगात उपयोगात आणल्या तसल्या बशा व झाकणे घ्या. प्रत्येक बशीत ३ ते ४ मि. मी. उंचीपर्यंत गरम जिलेटिनचे मिश्रण ओता. बशावर ताबडतोब झाकणे घालून आतील जिलेटिन घट्ट होण्यास थोडा अवधी द्या. झाकणे पक्की बांधा व बशा भट्टीमध्ये तापवून निर्जंतुक करा. बशातील जिलेटिन पुन्हा घट्ट होईपर्यंत त्या भट्टीमध्येच थंड होऊ द्या. नंतर वर वर्णन केल्याप्रमाणेच कृती करून जंतूंची वाढ करता येईल.

४. सुईचा उपयोग

दातकोरण्याऐवजी ज्योतीमध्ये तापवून निर्जंतुक केलेल्या सुईचाही उपयोग करता येईल. पेन्सिलीच्या आकाराचा एक मऊ लाकडाचा तुकडा घ्या. त्याच्या एका बाजूस सुईचे तीक्ष्ण टोक बरेच आत घुसवा. लाकडाचा उपयोग हॅडलसारखा होईल व सुईच्या नेढ्याचा जंतूंचे स्थलांतर करण्यास उपयोग होईल.

५. जंतूंची वाढ दमट अगर कोरड्या हवेत चांगली होते याचा अभ्यास करणे.

दोन निर्जंतुक केलेल्या बशा घ्या. प्रत्येकीमध्ये जिलेटिन घेऊन त्यावर वरील प्रकारच्या सुईच्या नेढ्याने जंतू पसरा.

ताबडतोब बशांना झाकणे घालून एकीवर 'कोरडे' व दुसरीवर 'दमट' अशी नावे लिहा. पहिली बशी पेटीत ठेवून ती पेटी रेडिएटरवर (खोली गरम ठेवण्याकरिता वापरतात तो) किंवा गरम भट्टीवर ठेवा. दुसरी बशी अंधान्या दमट जागेत ठेवा. बशी कोरडी होणार नाही अशी खबरदारी घ्या. बरेच दिवस दोन्ही बशांतील जंतूंची वाढ कशी होते याचे निरीक्षण करा.

६. जंतूंच्या वाढीवर उष्णतेचा व थंडपणाचा परिणाम

वरीलप्रमाणेच दोन बशा तयार करा. एका बशीला 'गरम' असे लिहिलेली चिड्डी लावून ती बशी अंधान्या उबदार जागी ठेवा. दुसऱ्या बशीला 'थंड' असे लिहिलेली चिड्डी लावून ती अंधान्या थंड जागी ठेवा. बरेच दिवस रोज निरीक्षण करा.

७. जंतूंच्या वाढीवर अंधाराचा व उजेडाचा परिणाम

वरीलप्रमाणेच बशा तयार करून एकीला 'अंधार' अशी व दुसरीला 'उजेड' अशी चिड्डी लावा. एक बशी अंधान्या जागी ठेवून दुसरी प्रखर सूर्यप्रकाशात ठेवा, किंवा दुसऱ्या बशीवर विजेच्या दिव्याचा प्रकाश सतत पडत राहिल अशी व्यवस्था करा. दररोज निरीक्षण करा.

८. जंतू कोठे आढळतात?

वरील प्रकारे तयार केलेल्या बशांमध्ये खालीलपैकी शक्य तितक्या ठिकाणचे जंतू घासून घ्या. त्याप्रमाणे बशांना चिट्ठ्या लावून त्या बशा अंधान्या उबदार जागेत काही दिवस ठेवा. नंतर कोणत्या बशीत जंतूंची वाढ कितपत झाली आहे ते पहा.

१) स्वच्छ व घाणेरडे हात, २) ताटे पुसण्याचा कपडा, ३) केरकचरा किंवा इतर घाण टाकण्याचा डबा, ४) खोकणे, ५) शिंकरणे, ६) बुटांचे तळ, ७) जेवणाची स्वच्छ थाळी, ८) माशी, ९) झुरळ, १०) कुत्र्याच्या अंगावरील केस, ११) शाळेच्या वर्गातील हवा, १२) नासलेले दूध, १३) पेन्सिलीचे टोक, १४) घाणेरड्या रस्त्यावरील हवा, १५) साठलेले पाणी, १६) पाय पुसणे, सतरंजी किंवा गालिचा.

९. सूर्यप्रकाशामुळे जंतूंचा नाश होतो का?

क्रमांक ५ मध्ये सांगितल्याप्रमाणे दोन बशा तयार करा व जंतूंच्या वाप्यातील जंतू त्यावर घ्या. एक बशी उघड्या जागेत सूर्यप्रकाशात ठेवा व दुसरी बशी अंधान्या उबदार

जागी ठेवा. पहिली बशी काही तास सूर्यप्रकाशात राहिल्यानंतर ती दुसऱ्या बशीशेजारी ठेवा. काही दिवस दोन्ही बशांचे निरीक्षण करा.

१०. जंतुनाशक औषधामुळे जंतूंचा नाश होतो का?

मिळतील तेवढी बाजारी व घरगुती जंतुनाशक औषधे मिळवा. तितक्याच जंतुयुक्त बशा तयार करून एक जादा बशी पडताळा पाहण्याकरिता तयार ठेवा. जंतू ठेवलेला तुकडा निरनिराळ्या जंतुनाशकांत बुचकळून काढा. जास्त असलेला ओतून टाका. त्यानंतर झाकणे घाला.

जंतुनाशकाच्या नावांच्या चिट्ठ्या लावा. या सर्व बशा व एक जादा बशी अंधान्या उबदार जागी ठेवा. काही दिवसांनी सर्व बशांचे परीक्षण करा.

११. जमिनीतील जंतू कोठे असतात ते पाहणे.

क्लव्हर नावाचे वाटाण्याच्या जातीचे, सोयाबीनचे किंवा त्याच जातीचे एक रोपटे जमिनीतून बाहेर काढा. त्याच्या मुळावरील सर्व माती धुवून काढल्यानंतर त्या ठिकाणी तुम्हास सूक्ष्म ग्रंथी दिसतील. या ग्रंथीमध्ये जमीन सुपीक करणारे (नायट्रोजन पुरविणारे) जंतू असतात.

ए. बुरशी

१. वेगवेगळ्या प्रकारची बुरशी जमा करणे.

- (अ) हिरवट बुरशी चढलेले एक संत्री किंवा मोसंबी एका भांड्यात ठेवून ते भांडे अंधान्या उबदार जागी ठेवा.
- (आ) एका भांड्यात ओलसर पावाचा किंवा भाकरीचा तुकडा घेऊन ते भांडे हवेत उघडे ठेवा. नंतर काही दिवस अंधान्या उबदार जागी ठेवा.
- (इ) एका भांड्यात बुरशी चढलेले पनीर (चीज) घेऊन ते अंधान्या उबदार जागी ठेवा.
- (ई) साठलेल्या पाण्यामध्ये काही मेलेल्या माश्या टाका. काही दिवसांनी या माश्यांभोवती पांढरट रंगाची बुरशी वाढलेली दिसेल.

२. बुरशीची मशागत करणे.

जंतूसंबंधीच्या प्रयोगाकरिता तयार केल्याप्रमाणे बटाट्याच्या फोडी किंवा जिलेटिन असलेल्या चार बशा तयार करा. प्रत्येक बशीत वरील प्रयोगातील एक एक प्रकारची बुरशी घाला. या सर्व बशा अंधान्या उबदार जागी ठेवा. काही दिवसांनी प्रत्येक बशीमध्ये त्या त्या प्रकारच्या बुरशीची चांगली वाढ होत असलेली दिसून येईल.

३. बुरशीची रचना

चारही बशांतील बुरशीची वाढ होत असताना प्रत्येकीचे बहिर्गोल भिंगातून निरीक्षण करा. काही बुरशीमध्ये धागे दिसतील. त्यामुळे ती कोळ्याच्या जाळ्याप्रमाणे दिसेल. तसेच काही लहान लहान नळ्या

तयार झाल्या असून त्यांच्या शेंड्याला लहान काळ्या रंगाची बोंडे किंवा झुबके दिसतील. ही बोंडे म्हणजे बीजकणाच्या पिशव्या होत. प्रत्येक पिशवीमध्ये हजारां बीजकण असतात. या पिशव्या पिकल्यानंतर फुटतात. अनुकूल परिस्थितीमध्ये प्रत्येक बीजकणापासून बुरशीची वनस्पती उत्पन्न होण्याची शक्यता असते.

४. बुरशीच्या वाढीस पाण्याची जरूरी आहे का?

एका निर्जंतुक बशीमध्ये तांदूळ किंवा ओटमीलसारखे एक चमचाभर कोरडे धान्य घ्या. दुसऱ्या बशीमध्ये तेच धान्य तितकेच पण शिजवलेले घ्या. निर्जंतुक स्वच्छ सुईच्या साहाय्याने प्रत्येक बशीमध्ये वाढत असलेली बुरशी घाला. बशांना झाकणे घालून चिट्ठ्या लावा. या बशा अंधान्या उबदार जागी ठेवून काही दिवसांनी त्यांचे निरीक्षण करा.

५. बुरशीच्या वाढीवर उष्णतेचा व थंडपणाचा परिणाम काय होतो?

वरील चवथा प्रयोग पुन्हा करा. मात्र एक बशी अंधान्या उबदार जागी ठेवा व दुसरी अंधान्या थंड जागी ठेवा. काही दिवसांनंतर बशांचे परीक्षण करा.

६. अंधारामध्ये किंवा उजेडात बुरशीची वाढ होते का?

वरील चवथा प्रयोग पुन्हा करा. मात्र एक बशी उबदार जागेत अशी ठेवा की तीवर सारखा उजेड राहिल. दुसरी बशी अंधान्या उबदार जागी ठेवा. काही दिवसांनंतर बशांचे निरीक्षण करा.

ऐ. किण्व (यीस्ट)

१. कणकेवर किण्वजंतूंच्या होणाऱ्या परिणामाचे निरीक्षण करणे.

योग्य प्रमाणात साखर, पाणी व पीठ मिसळून पावाची कणीक तयार करा. तिचे दोन समान भाग करा व दोन बशांत ठेवा. काही पाण्यात किण्वाची अर्धी वडी मिसळून ते पाणी एका बशीतील कणकेत मिसळला. प्रत्येक बशीला चिड्डी लावून दोन्ही बशा अंधाऱ्या उबदार जागी ठेवा. काही तासांनंतर होणाऱ्या परिणामाचे निरीक्षण करा.

२. किण्व-क्रियेवर उष्णतेचा कोणता परिणाम होतो ते पाहणे.

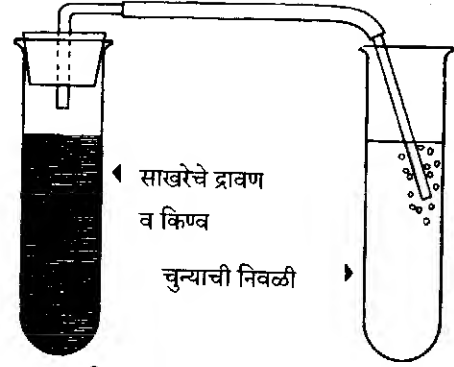
पहिल्या प्रयोगात सांगितल्याप्रमाणे कणीक तयार करा. पाण्यामध्ये किण्व-वडी चांगली मिसळून ते पाणी कणकेमध्ये घाला. कणकेचे समान तीन भाग करून तीन भांड्यांत एक एक भाग ठेवा. त्यावर १, २ व ३ असे आकडे लिहा. पहिले भांडे शीतपेटीमध्ये (रेफ्रिजरेटर), दुसरे उबदार जागी व तिसरे गरम जागी ठेवा. काही तासांनंतर प्रत्येक भांड्यांतील कणकेवर काय परिणाम झाला आहे ते पहा.

३. साखरेवर किण्व-कणांचा परिणाम होतो हे दाखविणे.

तांबूस किंवा पांढरी साखर अगर काकवी किंवा मध घेऊन त्याचे द्रावण तयार करा. एका परीक्षानळीत हे द्रावण घ्या व दुसरीमध्ये नळाचे साधे पाणी घ्या. प्रत्येक नळीत पाव किण्व-वडी मिसळलेले पाणी ओता. दोन्ही नळ्या उबदार जागी ठेवा. मधूनमधून दोन्ही नळ्यांचे निरीक्षण करून त्यातील द्रावावर होणाऱ्या परिणामांतील फरक लक्षात घ्या.

४. साखरेवर किण्व-कणांचा परिणाम झाल्यामुळे उत्पन्न होणाऱ्या वायूचे परीक्षण करणे.

एका विद्यार्थ्यास परीक्षानळीत चुन्याची निवळी घेऊन तीमध्ये गवती-नळीमधून फुंकण्यास सांगा. निवळी दुधट पांढरी झालेली दिसेल. कार्बन-डायॉक्साईड ओळखण्याची हीच खूण होय. आता एका परीक्षानळीत साखरेचे द्रावण



घेऊन त्यात किण्व मिसळा. परीक्षानळीला एक छिद्र असलेले बूच बसवून छिद्रामध्ये काटकोनात वाकवलेली काचेची नळी बसवा. या नळीच्या बाहेरील तोंडाला रबरी नळी बसवा. रबरी नळीच्या दुसऱ्या तोंडामध्ये सुमारे १५ सें. मी. लांबीची दुसरी काचेची नळी घाला. या नळीचे दुसरे टोक एका परीक्षानळीत चुन्याची निवळी घेऊन तीत सोडा. दोन्ही नळ्या उबदार जागी काही वेळ ठेवा. चुन्याच्या निवळीवर काय परिणाम होतो ते पहा.

५. किण्व वनस्पतींचे निरीक्षण करणे.

एखाद्या कॉलेजमधून, शाळेतून, डॉक्टरकडून किंवा दवाखान्यातून एक सूक्ष्मदर्शक यंत्र मिळवा. किण्वयुक्त साखरेच्या द्रावणाचे काही थेंब काचेच्या तबकडीवर घेऊन त्याचे सूक्ष्मदर्शक यंत्राखाली निरीक्षण करा. थेंबामध्ये लंबवर्तुळाकार अनेक लहान पेशी दिसतील. प्रत्येक पेशी म्हणजे किण्व वनस्पती होय. काही पेशीमध्ये लहान अंकुर (कोब) दिसतील. यामधूनच किण्व वनस्पतीची उत्पत्ती होते.



ओ. मातीशिवाय वनस्पतीची वाढ

घरामध्ये मातीशिवाय वनस्पतीची वाढ कशी होते हे पाहण्याची हौस काही विद्यार्थ्यांना असते. अशा प्रकारे वनस्पतीची वाढ होणे शक्य आहे; परंतु त्याकरिता काही

विशिष्ट पदार्थ व रसायने यांची जरूरी असते. या गोष्टी बी व रोपे विकणाऱ्या काही दुकानांत मिळू शकतील. अगर शालेय शास्त्रीय साहित्य विकणाऱ्या दुकानाकडे चौकशी करा.

औ. साधे बागकाम

घरामध्ये किंवा शाळेमध्ये छोटीशी बाग तयार करण्याची आवड पुष्कळ मुलांना असते. अशा प्रत्येक मुलाला छोटासा वाफा निवडून तो स्वच्छ करण्यास मुद्दाम प्रोत्साहन द्यावे. जमीन खणून ढेकळे फोडून घ्यावी व माती सारखी पसरून घ्यावी. नंतर त्यांना सऱ्या पाडण्यास सांगावे. लेटिस, करडई, मेथी, गाजर, मुळा अशांसारख्या पालेभाज्या किंवा फळभाज्यांची रोपे एका आड एका सरीमध्ये लावण्यास सांगावे. प्रत्येक मुलाला त्याच्या बागेचा नकाशा काढावयास सांगून त्यामध्ये रोप लावलेल्या ठिकाणी खुणा करण्यास सांगावे.

शेतात किंवा बागेत लावण्यासाठी घरामध्ये किंवा

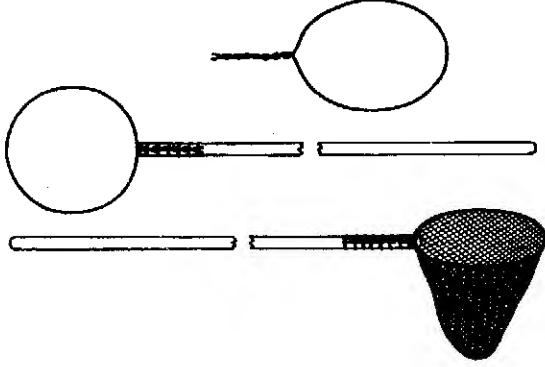
शाळेमध्ये रोपे तयार करता येतात. त्याकरिता सुमारे १० सें. मी. खोल अशा लाकडी पेट्या घ्याव्या. त्यांमध्ये सुमारे ८ सें. मी. उंचीपर्यंत चांगली माती काही प्रमाणात खत मिसळून घालावी. टोमॅटो, कोबी, फ्लॉवर, मिरची असे बी या मातीमध्ये पेटावे. लेटिस, मुळे यांची पूर्व वाढ होईल त्या सुमारास या बियांची रोपे लागवडीस योग्य इतकी वाढतील.

अशा प्रकारच्या प्रत्यक्ष बागकामामुळे वनस्पतींची वाढ कशी होते व त्यांची काळजी कशी घ्यावी, यासंबंधी कितीतरी उपयुक्त माहिती मुलांना आपोआप मिळेल व शिक्षकही देऊ शकतील. काही महिन्यांनी या वाढलेल्या भाजीपाल्याचे प्रदर्शनही भरविता येईल.

प्राण्यांच्या अभ्यासाकरिता प्रयोग व साहित्य

१. कीटक जमविण्याचे जाळे

झाडणीच्या किंवा कुंच्याच्या दांड्यासारखी गोल काठी, जाडशी तार आणि मच्छरदाणीचे किंवा जाळीदार कापड यांपासून कीटक पकडण्याचे जाळे तयार करता येईल. एक जाड तार वाकवून सुमारे ३८ ते ४५ सें. मी. व्यास होईल असा वर्तुळाकृती आकार तिला द्या. तारेची टोके एकमेकांभोवती गुंडाळून सुमारे १५ सें. मी. लांबीची



दुहेरी तार तयार होईल एवढी लांब तार सुरुवातीस घ्यावी. ही दुहेरी तार लाकडी दांड्याला तारेने गुंडाळून अगर खिळ्यांनी चांगली पक्की बसवा. आता ७५ सें. मी. खोल जाळे तयार होईल एवढे मच्छरदाणीचे किंवा जाळीदार कापड घ्या. हे कापड वर्तुळाकृती तारेला आकृतीत दाखविल्याप्रमाणे शिवा.

२. कीटक मारण्यासाठी भांडे

रुंद तोंड असलेले एक काचेचे भांडे घ्या. त्यास झाकण घट्ट बसविता येईल अशी योजना असावी. भांड्याच्या तळाशी कापसाचा बोळा ठेवून त्यावर छिद्रे असलेला कार्डबोर्डचा किंवा टीपकागदाचा वर्तुळाकार तुकडा ठेवा. भांडे उपयोगात आणण्याच्या वेळी कापसाचा बोळा कार्बन टेट्रा-क्लोराइड (कार्बोना) मध्ये किंवा कोणत्याही डी. डी. टी. युक्त जंतुनाशक औषधात चांगला भिजवा. नंतर कार्डबोर्डचा तुकडा त्यावर ठेवून भांड्यात कीटक सोडा. भांड्याला घट्ट झाकण बसवून कीटक मरेपर्यंत उघडू नका. पतंग किंवा फुलपाखरे यांसारखे मोठे कीटक जमवावयाचे असतील तर मोठ्या तोंडाचे भांडे घ्यावे म्हणजे कीटक

भांड्यात ठेवताना त्याचे पंख तुटणार नाहीत.

३. कीटकाकरिता बोर्ड

संग्रहामध्ये ठेवण्याकरिता कीटक जमवावयाचे असतील त्या वेळी ते ताणून ठेवणे जरूर असते. याकरिता एक ताणण्याचा बोर्ड लागतो. अशा प्रकारचा बोर्ड सिगारच्या पेटीपासून तयार करता येईल. प्रथम पेटीचे झाकण वेगळे करून लांबीच्या बाजूने त्याचे दोन समान भाग करा. या दोन भागांमध्ये १ सें. मी. अंतर ठेवून ते भाग पेटीला पुन्हा बसवा. कीटकाचे शरीर फटीमध्ये ठेवून त्याचे पंख कागदाच्या पट्टीच्या साहाय्याने झाकणावर पसरून बसवा. या पट्ट्या टाचण्यांच्या साहाय्याने लाकडावर बसविता येतील. मात्र टाचण्या पंखांमध्ये टोचू नयेत. वरच्या फळ्यांमध्ये थोडा कोन ठेवणे इष्ट असते. ही गोष्ट पेटीच्या बाजूच्या फळ्यांना इंग्रजी व्ही (V) अक्षराची खाच घेऊन साधता येईल. खालील 'आ' आकृतीत हे दाखविले आहे.



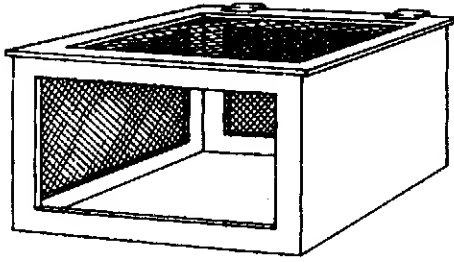
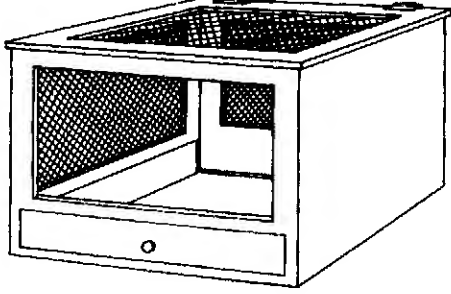
४. कीटक संग्रहाकरिता पेट्या तयार करणे.

कीटक संग्रहाकरिता लाकडी किंवा सिगारच्या पेट्या उपयोगी पडतात. ताणण्याच्या बोर्डपासून कीटक काढल्यानंतर त्याच्या शरीरामधून एक लांब टाचणी आरपार टोचून घालतात व ती टाचणी पेटीच्या तळामध्ये घुसवून उभी करतात. या टाचण्या रांगेने व्यवस्थित लावतात. प्रत्येक टाचणीच्या वरच्या टोकाला एक बारीक कार्डाचा तुकडा बसवून त्यावर कीटकासंबंधी माहिती लिहिता येते.

कापसावर कीटक बसविण्याकरिताही सिगारच्या पेट्यांचा उपयोग होतो. पेटीचे झाकण काढून तिच्या तळाशी कापसाचा जाडसा थर ठेवतात. त्यावर कीटक व्यवस्थित ठेवून काचेचे झाकण घालतात किंवा काचेऐवजी सेलोफेन वापरून ते पेटीच्या कडांना पक्के चिकटवून

टाकतात. अशा प्रकारच्या पेट्या फुलपाखरे किंवा पतंग ठेवण्याकरिता जास्त सोईच्या असतात. त्या शाळेच्या संग्रहालयातही ठेवता येतील.

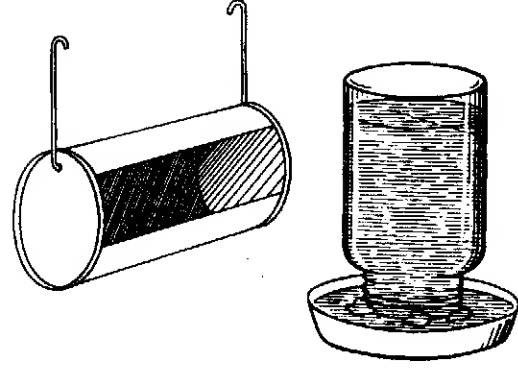
५. शास्त्रवर्गात प्राणी ठेवण्याकरिता पिंजरे



काही दिवस निरीक्षण करण्याकरिता एखादा प्राणी शास्त्रवर्गात बंदिस्त ठेवणे इष्ट असते. त्याकरिता योग्य अशा पिंजऱ्याची जरूरी असते. भोवताली सापडणाऱ्या विविध प्रकारच्या साहित्यापासून असे पिंजरे तयार करता येतील.

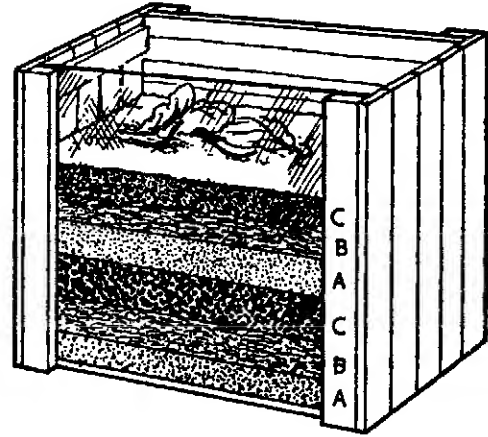
तारेच्या जाळीचे झाकण बिजागऱ्यांच्या साहाय्याने लाकडी पेटिला बसविले असेल तर तिचा उपयोग पिंजऱ्यासारखा करता येईल. अशा पेटीच्या पुढील बाजूस काच बसवून इतर तिन्ही बाजूंना जाळी बसवलेली असावी. पेटीच्या पुढच्या बाजूने काचेच्या खाली संबंध तळाच्या मापाचा एक खण (ड्रॉवर) बसवून तो बाहेर काढण्याची व्यवस्था करावी. यामुळे तो खण बाहेर ओढून आतील प्राण्यास त्रास न देता पिंजरा स्वच्छ करता येईल. उष्णकटिबंधांच्या प्रदेशात तारेच्या जाळीऐवजी बांबूच्या किंवा इतर लाकडाच्या पट्ट्या वापरून उपयुक्त पिंजरे तयार करता येतील.

पिंजऱ्यातील प्राण्यांना अन्न व पाणी कसे पुरवावे असा नेहमी प्रश्न पडतो. सामान्यपणे पिंजऱ्याच्या तळापासून उंचावर अन्न व पाणी ठेवलेले असावे. पत्र्याचा साधा डबा



घेऊन त्याच्या बाजूचा काही भाग कापून टाकावा व आकृतीत दाखविल्याप्रमाणे तारेच्या साहाय्याने तो पिंजऱ्यात अडकविल्याची व्यवस्था करावी. याचा उपयोग लहान प्राण्यांना अन्नाचे भांडे म्हणून होऊ शकेल. उंदीर, गिनीपिंज, यांसारख्या लहान प्राण्यांकरिता बाटली व काचेची किंवा प्लॅस्टिकची नळी यांपासून आकृतीत दाखविल्याप्रमाणे पाणी ठेवण्याकरिता भांडे तयार करता येईल.

६. किड्यांकरिता तयार केलेले घर



गांडुळाचा अभ्यास करण्याकरिता ३०x३०x१५ सें. मी. मापाची, पुढे काच बसविलेली पेटी उपयोगात आणणे सोईचे होईल.

पेटीमध्ये तळापासून वरपर्यंत (A) वाळू, (B) पानाचा चुरा व (C) चिकणमाती असे एकावर एक थर घाला. पहिला थर चांगला सपाट करून व दाबून मग दुसरा थर घाला.

अगदी वरच्या थरावर कोबीची पाने, वाळलेली पाने,

गाजर वगैरे ठेवून तेथेच काही किडे सोडा. आतील भाग दमट ठेवा व किड्यांच्या हालचालींचा अभ्यास करा.

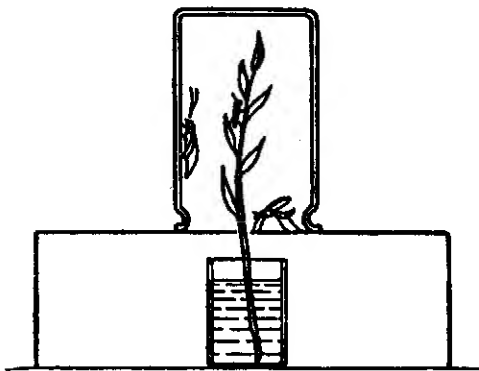
७. कीटकांच्या जीवनेतिहासाचा अभ्यास करणे.

कार्डबोर्डच्या मोठ्या पेटीच्या चारी बाजूंना चौकोनाकृती भोके पाडा. या भोकावर मलमलीचे कापड घालून ते चारी कडांना दुमडून पेटीला चिकटवून टाका. पेटीच्या वरच्या बाजूला, एका चौकोनाच्या तीन कडांना कापून चवथ्या कडेला वाकवा म्हणजे त्याचा उपयोग पेटीच्या झाकणासारखा होईल. या झाकणाच्या पुढच्या बाजूस कागदाचा किंवा कार्डबोर्डचा तुकडा चिकटवा. याचा उपयोग झाकणाच्या मुठीसारखा होईल. पेटी नीट राहण्याकरिता तिचा तळ तसाच राहू द्या. (सेलोफेन असल्यास पेटीच्या झाकणास किंवा एका बाजूस मोठे भोक पाडून त्यावर ते बसवा. ह्याचा उपयोग खिडकीसारखा होईल.) एक साधा कागद तळात टाका म्हणजे तो काढून टाकून पेटी सहज साफ करता येईल. लहानशा पसरट भांड्यामध्ये ओलसर माती घालून त्यात पाने, फुले, डेखे कापून त्याचे तुकडे घाला. हे भांडे मोठ्या पेटीत ठेवा. मातीऐवजी भांड्यात पाणी ठेवले तर कीटक बुडून मरण्याचा धोका असतो.

फुलपाखराच्या वेगवेगळ्या अवस्थांचा अभ्यास करण्यास या पेठ्या चांगल्या उपयोगी पडतात. पतंगांना कोष घालण्याकरिता मातीची भांडी आत ठेवावीत. ब्रश किंवा काड्यांच्या साहाय्याने कीटक हलविता येतात.

८. टोळ व त्या जातीच्या कीटकाकरिता घर तयार करणे.

अशा प्रकारचे कीटक उपड्या केलेल्या उभट भांड्यामध्ये ठेवता येतील. एका काचेच्या पेल्यामध्ये पाणी



■ युनेस्को - विज्ञान घरातलं, विज्ञान शाळेतलं / ४३ ■

घेऊन त्यावर बूट ठेवण्याचा खोका उलटा ठेवा. आकृतीत दाखविल्याप्रमाणे खोक्याच्या वरच्या बाजूस भोक पाडून त्यामधून पाण्यात ठेवलेली वनस्पती वर येईल अशी व्यवस्था करा. खोक्यावर वनस्पतीशेजारी टोळासारखे कीटक ठेवून त्यावर उभट काचेचे भांडे उपडे ठेवा.

९. माश्यांच्या पैदाशीकरिता जॅमच्या भांड्याचे घर

माशीच्या जीवनाचा अभ्यास करण्यासाठी तिची अंडी ठेवण्याकरिता जॅमच्या भांड्याचा उपयोग करता येईल. माशीने घाणेरड्या जागी अंडी घातल्यानंतर ती अंडी काचेच्या भांड्यात ठेवा. हे भांडे सूर्यप्रकाशात किंवा रेडिएटरवर उबदार जागी ठेवा. एक आठवडाभराने अंड्यामधून अळ्या बाहेर पडतील. आणखी एका आठवड्याने त्यांना कोशावस्था प्राप्त होईल. भांड्यामध्ये ओलसर माती किंवा शेवाळे ठेवले असता कोष कोरडे होणार नाहीत. पुढील आठवड्यात माशीच्या संपूर्ण जीवनक्रमाचा अभ्यास करता येईल. त्या झोपतात का? त्या खातात कशा? नर व मादी यांमध्ये काय फरक आहे? वगैरे.

१०. कोळ्याचे निरीक्षण

एका कुडीमध्ये एक छोटीशी वनस्पती लावून ती कुडी पाणी असलेल्या भांड्यामध्ये किंवा एखाद्या सपाट गुळगुळीत पृष्ठभागावर ठेवा. दोन-तीन काड्या किंवा कार्डबोर्डचे लांबट तुकडे बहुभुजाकृतीसारखा आकार तयार होईल असे एकत्र बांधा व त्या वनस्पतीला टेकवून तिरप्या ठेवा. वनस्पतीवर एक छोटासा कोळी सोडा. पाण्यावर किंवा गुळगुळीत पृष्ठभागावर त्याला चालता येत नसल्यामुळे तो वनस्पतीवरच राहिल व तेथे एक जाळे तयार करील.

एखाद्या कपाटातील मधल्या फळ्या काढून तेथे एपेरा डायडेमाटा (मादी) सारखा मोठा कोळी सोडला तर तो तेथे उत्तम जाळे विणू शकेल. काही कुंड्यांमध्ये वनस्पती लावून त्या कुंड्या व एक मोठा कोळी या कपाटात ठेवा व ते बंद करा. काही तासांनी कपाट उघडा, त्यामुळे तयार झालेले जाळे थोडे फार तुटेल. परंतु कपाट उघडे राहिले तरी कोळी बाहेर जाणार नाही; उलट तो आणखी एक जाळे विणून टाकील. त्याला खाण्याकरिता भरपूर कीटक मिळाले नाहीत तर लांब तंगड्यांचे कीटक, सुरवंट, पतंग किंवा माशी असे प्राणी कपाटात सोडावे. जाळे विणण्याची

पद्धत, त्यास लागणारा वेळ, कोळ्याची खाण्याची पद्धत व इतर सवयी यांचे निरीक्षण करून त्याची नोंद ठेवावी.

एका मोठ्या काचेच्या भांड्यामध्ये कोळी ठेवावा. भांड्याच्या तोंडावर जाळीदार कपडा ठेवावा. म्हणजे मधून मधून कोळ्याचे खाद्य म्हणून माशी आत सोडता येईल. कोळी खातो कसा, अंडी कशी घालतो व इतर सवयी यांचा अभ्यास करता येईल.

११. बेडकांची निगा राखणे.

लहान मोठे बेडूक पक्ष्यांच्या पिंजऱ्यात ठेवावयास हरकत नाही. या पिंजऱ्यात माती, वनस्पती व पाण्याकरिता एक-दोन बशा किंवा थाळ्या ठेवाव्यात. पिंजऱ्याच्या दारातून पाण्याने भरलेल्या बाटल्या हळूच आत सरकवून त्यातील पाणी थाळ्यांमध्ये ओतावे. बेडकाचे खाद्य म्हणून पिंजऱ्यामध्ये लहान गांडुळे व माश्या सोडाव्या.

बेडकांचे श्वसनकार्य कसे होते, श्वसनाचा वेग किती आहे, त्यांची खाण्याची विशिष्ट पद्धत कशी आहे इत्यादींचे सूक्ष्म निरीक्षण करता येईल. पिंजरा सावलीमध्ये किंवा अंधान्या जागी ठेवून त्यांच्या कातडीच्या रंगात होणाऱ्या बदलाचे निरीक्षण करता येईल. पाणी असलेल्या मोठ्या भांड्यात बेडकास सोडून त्याच्या पोहण्याच्या पद्धतीचा अभ्यास करता येईल. बेडूक काचेच्या भांड्यातसुद्धा ठेवण्यास हरकत नाही. परंतु त्याच्यात जेव्हा बदल होत असतो, त्या वेळी त्याला उथळ थाळ्यामध्येच ठेवणे इष्ट असते. या थाळ्यांच्या मध्यभागी काही बारीक दगड रचलेले असावेत. अशा पद्धतीने लहान बेडूक ठेवणे त्रासाचे असते. तेव्हा ते सोडून द्यावे व मोठे बेडूक तेवढे ठेवावे.

(पाण्यात राहणाऱ्या प्राण्यांकरिता जस्ताचा मुलामा दिलेल्या लोखंडाची -गॅलव्हनाइज्ड आयरन भांडी चांगली नसतात.)

१२. उंदराची निगा राखणे.

जस्ताचा मुलामा दिलेल्या जुन्या न्हाणीपात्रास (बाथटब) जाड जाळीदार तारेचे झाकण बसविण्याची



व्यवस्था करून घ्यावी. अशा पात्रामध्ये काळे व पांढरे उंदीर ठेवता येतील. लहान उंदीर या जाळीतून वर येऊन इकडे तिकडे फिरू शकतील. ही जाळी भांड्यांच्या दोन्ही कडांच्या बाहेरील बाजूस काही इंच ठेवावी व या भागास कसलाही आधार देऊ नये; म्हणजे भांड्यातील उंदीर बाहेर जाऊ शकणार नाहीत. भांड्याच्या तळाशी सुमारे ३ सें. मी. जाडीचा स्वच्छ वाळूचा थर घालावा. ही वाळू रोज बदलावी. ती पुन्हा वापरण्यापूर्वी पाण्याने स्वच्छ धुवून कोरडी केलेली असावी. घरटे तयार करण्याकरिता स्वच्छ चिंध्या द्याव्या. त्या वापरल्यानंतर उकळून स्वच्छ करून घ्याव्या अगर फेकून द्याव्या.

उंदरांना विशिष्ट प्रकारचे खाद्य लागत नसल्यामुळे त्यांना पाळणे कठीण जात नाही. पानातील उष्टे - खरकटे, टाकाऊ भाजीपाला उंदरांना घालावयास हरकत नाही. हेलिअँथस जातीच्या प्रकारात मोडणाऱ्या बियासुद्धा घालावयास हरकत नाही. या बिया पंज्यामध्ये धरून त्यांची टरफले काढण्यात उंदरांना फार मजा वाटते. याशिवाय जीवनसत्त्वाचा पुरवठा व्हावा म्हणून त्यांना सूर्यफुलाचे बी, वाटाणा, गहू इत्यादी गोष्टीही खावयास द्याव्या.

सुरुवातीला उंदरांच्या नर-मादीची एकच जोडी पाळावी. कारण त्यांच्यापासून उंदरांची उत्पत्ती झपाट्याने होऊ शकते.

उंदरांना भरपूर खावयास दिले व ममतेने वागविले तर ते चांगले माणसाळतात. त्यांना मुद्दाम घाबरवले तरच ते चावतात. ओळखीच्या माणसानेच उंदरांना हाताळावे.

उंदरांच्या विशिष्ट सवयी व त्यांची उत्पत्ती यांचे निरीक्षण करावे. त्यांची वाढ कशी होत जाते याचीही नोंद ठेवावी. उंदराचे वजन करण्याकरिता लहानशा पेट्या तयार कराव्या. उंच झाकणाऱ्या कार्डबोर्डच्या पेट्या चालतील. पेटीमध्ये हवा येण्याकरिता झाकणाला बारीक छिद्रे पाडावी. पेटीमध्ये हेलिअँथस बी ठेवावे. पेटीमध्ये उंदीर शिरला की तिचे झाकण लावून टाकावे. नंतर त्या पेटीचे उंदरासह वजन करावे. या वजनातून पेटीचे वजन उणे केले म्हणजे उंदराचे वजन मिळेल. अशा प्रकारच्या प्रयोगावरून वेगवेगळ्या प्रकारच्या आहारामुळे वजनात फरक कसा होतो याचा अभ्यास करता येईल. आठवड्यांतून एकदा नियमितपणे वजन करावे.

उंदराचा उपयोग करून प्रजोत्पत्तीसंबंधीचे मेंडेलचे साधे प्रयोगही करून पाहता येतील.

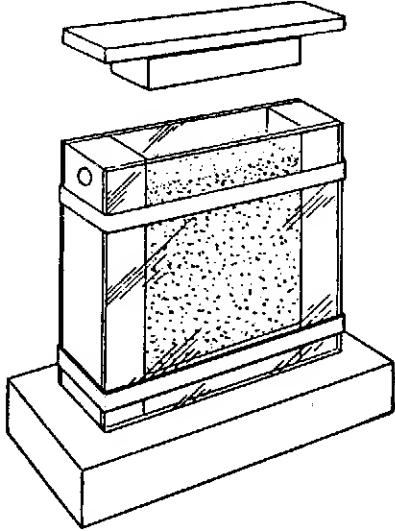
शरीर विच्छेदनाकरिता उंदराची जरूरी असेल आणि उंदरास गुंगी आणण्याकरिता क्लोरोफॉर्म नसेल तर तो पुढील पद्धतीने मारता येईल. एक बळकट पेटी किंवा लहानसा बिस्किटाचा डबा घेऊन त्याच्या सर्व बाजूंना बारीक छिद्रे पाडा. त्यामध्ये उंदीर घालून झाकण घट्ट बसवा. नंतर ती पेटी किंवा डबा पाण्यामध्ये पूर्णपणे बुडवून त्यावर वजन ठेवा. छिद्रामधून डब्यात पाणी जाऊन त्यामध्ये उंदीर बुडून चटकन मरेल.

१३. मुंग्यांकरिता निरीक्षण - घर तयार करणे.

मुंग्यांच्या जीवनक्रमाचा अभ्यास करण्याकरिता खालीलप्रमाणे निरीक्षण-घर तयार करता येईल.

१.५ सें. मी. चौरसाकृती आकाराचे ३० सें. मी. लांबीचे दोन व २७ सें. मी. लांबीचे दोन लाकडी तुकडे घ्या. एक आखूड तुकडा लाकडी बैठकीवर बसवून त्याच्या दोन्ही टोकांना दोन तुकडे आकृतीत दाखविल्याप्रमाणे उभे बसवा. इंग्रजी 'यू' (U) अक्षरासारखा आकार तयार होईल. आता ३० सें. मी. लांबी-रुंदी असलेले दोन काचेचे तुकडे घ्या व ते रबरी पट्ट्यांच्या किंवा धातूच्या चापांच्या साहाय्याने आकृतीत दाखविल्याप्रमाणे लाकडी चौकटीच्या दोन्ही बाजूस उभे बसवा.

चौथ्या तुकड्याला वरच्या बाजूस एक पातळ फळी बसवून पेटीला बरोबर बसेल असे लाकडी झाकण तयार



करा (आकृती पहा). एका बाजूला लाकडी तुकड्याच्या वरच्या कडेपासून ५ सें. मी. खाली ०.५ सें. मी. मापाचे एक भोक पाडा. हे भोक कापसाच्या बोळ्याने बंद करा.

ज्या प्रकारच्या मातीमध्ये मुंग्या वारुळे करतात, ती माती दोन काचांच्यामध्ये भरा.

या मातीवर बारीक वाळू असलेली माती टाका. वरचा पृष्ठभाग थापटून सपाट करा. हा पृष्ठभाग कापसाच्या बोळ्याने बंद केलेल्या भोकाच्या तळाच्या पातळीत यावा.

लहान काळ्या किंवा तांबड्या मुंग्या अभ्यास करण्याकरिता जास्त उपयुक्त असतात. या प्रकारच्या मुंग्या बहुतेक सर्व ठिकाणी विशेषतः सपाट दगडाखाली वस्ती करतात.

सपाट दगड उचलला की त्याखाली अनेक मुंग्या इतस्ततः झपाट्याने हिंडत असलेली दिसतील. त्या पकडण्याकरिता अरुंद तोंडाच्या दोन औषधांच्या बाटल्या, त्यांची तोंडे बंद करण्याकरिता कापसाचे बोळे, बागकामाकरिता वापरावयाची थापी, कागदाचा एक मोठा तुकडा इत्यादी साहित्य लागेल.

एक बाटली जमिनीवर आडवी ठेवा. तिच्या तोंडातून मुंग्या आत जातील अशी योजना करा. सुमारे शंभर मुंग्या आत गेल्या की तिचे तोंड कापसाच्या बोळ्याने बंद करा.

यानंतर मुंग्यांची राणी पकडली पाहिजे. याकरिता थापीच्या साहाय्याने थोडेसे खोल खणून निघालेली माती जमिनीवर पसरलेल्या कागदावर ठेवा. थोडे खोल गेल्यानंतर हाताने उकरू लागले की एक मोठी मुंगी दिसेल. हीच मुंग्यांची राणी होय. दुसऱ्या बाटलीत या राणीस पकडा. मात्र याला थोडासा वेळ लागेल.

एका मोठ्या भांड्यामध्ये (ट्रे) पाणी घेऊन त्यामध्ये जेवणाची थाळी उलटी ठेवा. थाळीचा तळ (वर आलेला पृष्ठभाग) बेटासारखा पाण्याच्या वर येईल, इतकेच पाणी भांड्यांत घ्या. त्यामुळे थाळीवर तयार केलेले घर ठेवा. नंतर पाण्यावर आलेल्या थाळीच्या पृष्ठभागावर किंवा घरामध्ये बाटलीतील मुंग्या व राणी सोडा. राणी घरात शिरली म्हणजे तिच्या मागून इतर मुंग्याही आत जातील. मुंग्यांना उजेड आवडत नाही. म्हणून घराचे भोक बंद करा. त्याभोवती ब्राऊन पेपरचा कागद गुंडाळा आणि ते घर एका बाजूस नेऊन ठेवा.

घराच्या झाकणाखाली काचेच्या आतील कडावर थोडासा मध माखून ठेवला म्हणजे त्याचा उपयोग मुंग्यांना अन्नाप्रमाणे होईल. फाउंटन पेनच्या शाई-भरणीने वरच्या बाजूस मधूनमधून पाणी शिंपडले म्हणजे आतील माती ओलसर राहण्यास मदत होईल.

हे घर दिव्याच्या उजेडात ठेवले तर त्यामुळे मुंग्यांच्या हालचालींना कोणत्याही प्रकारचा अडथळा होत नाही. या उजेडाच्या साहाय्याने मुंग्या अंडी कशी घालतात, सतत कष्ट कसे घेत असतात, वाटेत गाठ पडली तर एकमेकांच्या डोक्यांना मिशांनी स्पर्श करून कशा बोलतात इत्यादी उद्बोधक गोष्टींचा सूक्ष्म अभ्यास करता येईल.

घरामध्ये पहिल्या मुंग्या काढून दुसऱ्या सोडणे, दुसऱ्याच जातीच्या मुंग्या आणून सोडणे, माशा, कोळी वगैरे सोडणे इत्यादी प्रयोग करून पाहण्याजोगे आहेत.

एकदा घरातील वस्ती प्रस्थापित झाल्यानंतर व मुंग्यांची राणी अंडी घालू लागल्यानंतर भोकात बसविलेला कापूस काढून टाकण्यास हरकत नाही. निरीक्षण-घर आता उघड्या खिडकीजवळ ठेवावयास हरकत नाही. वर्षभर मुंग्या घरामध्ये अगदी मोकळेपणाने इकडून तिकडे हिंडत राहतील.

१४. पाणघर तयार करणे.

पाणघर तयार करण्याकरिता मोठे चौकोनी काचेचे भांडे मिळत नसेल तर दुसरे कसलेही काचेचे भांडे चालेल. मात्र त्यातील पाणी शुद्ध राहण्याकरिता त्यामध्ये इलोडिआ (Elodea) किंवा मायरीओफायलम (Myriophyllum) यांसारख्या वनस्पती भरपूर असाव्यात.

कॅडीस (Caddis) किडे, डबक्यात राहणारे गोगलगायीसारखे प्राणी, खेकड्यांच्या जातीतील प्राणी आणि इलोडिआ व लेम्ना मायनर (Lemna Minor) अशा जातींच्या वनस्पती ठेवण्याकरिता एक किलोग्रॅम जॅम ठेवण्याचे काचेचे भांडे योग्य होईल. त्यात वरील गोष्टी योग्य प्रमाणात ठेवल्या तर कित्येक महिने त्यातील प्राणी वनस्पती जगू शकतील. पाणघरामध्ये प्राणी आणि वनस्पती यांची फार गर्दीही असू नये किंवा त्यांचे प्रमाण फार कमीही असू नये. पाणघराकडे सतत लक्ष देण्याची जरूरी नसते. मात्र डिस्टिकस अथवा दुसऱ्या कसल्या अळ्या ठेवल्या तर त्यांना खाद्य म्हणून बेडकांची बारीक पिल्ले दररोज दिली पाहिजेत. पाणघराच्या तळापासून ३

सें. मी. जाडीचा स्वच्छ वाळूचा थर घालावा म्हणजे त्याचा उपयोग कॅडीसना दडून बसण्यासाठी होईल. पाणघरावर मलमलीच्या कापडाचे आच्छादन घालावे म्हणजे कॅडीस माश्या उडून जाणार नाहीत व अळ्यांच्या वाढीतील पुढील निरनिराळ्या अवस्था आपल्याला अवलोकन करता येतील.

अंडी घालणे, प्राण्यांच्या जीवनक्रमात होणारे बदल, त्यांच्या विशिष्ट सवयी यांची नोंद एका छोट्याशा वहीत करून ठेवावी.

अशा प्रकारच्या पाणघरामुळे डबक्यात राहणारे प्राणी व डबक्यात वाढणाऱ्या वनस्पती यांचे परस्परसंबंध कसे असतात, यांचा अभ्यास करता येईल.

डबक्यातील किंवा वाहत्या पाण्यातील प्राणी पकडण्याकरिता मांसरस (सूप) गाळण्याकरिता उपयोगात आणतात, तशी तारेच्या जाळीची मोठी गाळणी वापरावी. जाळीचा दांडा एका काठीस फीत गुंडाळून घट्ट बांधावा. फितीला रबर सोल्युशन भरपूर चोपडावे. नंतर पक्की गाठ बांधून तीवरही सोल्युशन चोपडावे.

१५. मोठ्या जलचरांकरिता पाणघर

५० सें. मी. X २५ सें. मी. मापाचे काचेचे पाणघर जास्त सोईचे असते. जुने विद्युत-संचायक (अॅक्युमुलेटर)



वापरावयास हरकत नाही. परंतु त्याची काच तितकीशी स्वच्छ नसते.

स्वच्छ पाण्याच्या प्रवाहाच्या किंवा डबक्याच्या तळाशी असलेली बारीक वाळू किंवा गाळाची माती गोळा करा व ती वाहत्या पाण्यामध्ये धुवून स्वच्छ करा. पाणघराच्या तळाशी ह्या वाळूचा सुमारे २ सें. मी. जाडीचा मातीचा थर पसरून ठेवा. तीमध्ये काही पाण-वनस्पती लावून त्यांची मुळे दगड किंवा शिशाच्या रिंगजच्या साहाय्याने दाबून ठेवा. पहिल्या थरावर जाड वाळूचा किंवा चाळाच्या लहान खड्यांचा लहानसा थर पसरा. याशिवाय

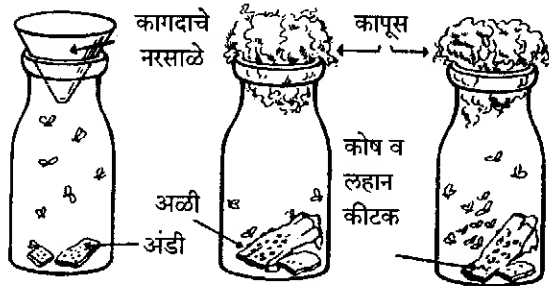
पाण्यातील कीटकांना लपून बसण्याकरिता काही मोठे खडे ठेवा. नंतर हे पाणघर पाण्याने भरा आणि माती, वाळू तळाशी बसण्याकरिता पाणी २-३ दिवस स्थिर ठेवा. काही स्वच्छ पाणवनस्पती त्या घरात सोडा. भरपूर पाणवनस्पती ठेवलेल्या असतील तर पाणघरातील पाणी शुद्ध होण्याकरिता हवा सोडण्याची वेगळी काही व्यवस्था करण्याची जरूरी नाही.

आता पाण्यामध्ये काही जलचर प्राणी सोडावयास हरकत नाही. त्याबरोबर काही गोगलगाईही सोडाव्या. त्या आतील गवताळ भाग स्वच्छ ठेवतील. आतील प्राण्यांना खाद्य फार थोडे लागेल. मासे गोगलगायीची अंडी खातील. शिवाय सर्वसामान्यपणे डबक्यातील पाण्याबरोबर आलेले कीटक त्यांना पुरेसे होतील. किडे घावयाचेच झाले तर ते आठवड्यांतून एकदा घावे आणि तेही खाण्यास योग्य असे बारीक तुकडे करून घालावे. न खाल्लेले खाद्य ताबडतोब काढून टाकावे. नाही तर त्यामुळे बुरशी उत्पन्न होईल व तिचा माशांना त्रास होईल.

या पाणघरावर छिद्रे असलेले जस्ताचे झाकण घातले म्हणजे आतील बेडूक व इतर प्राणी बाहेर जाणार नाहीत.

१६. फळमाश्यांच्या जीवनक्रमाचे निरीक्षण करणे.

अशा माश्यांची उत्पत्ती कशी होते हे पाहण्याकरिता काचेच्या लहान बाटल्या वापरव्या. बाटलीच्या तळाशी पिकलेल्या फळाचा तुकडा ठेवा व कागदाच्या नसराळ्याच्या तळाशी भोक पाडून तो बाटलीच्या तोंडावर बरोबर बसवा. बाटली मोकळ्या हवेत (उघड्या जागी) ठेवा. साधारणपणे ७-८ माश्या बाटलीत आल्या म्हणजे नसराळे काढून टाका व तेथे कापसाचा बोळा सैलसर बसवा. इतक्या माश्यांत बहुशा काही नर व काही माद्या असतील. माद्या मोठ्या असून त्यांचे पोट जास्त रुंद असते. नर त्यामानाने लहान असून त्यांच्या पोटावर काळे ठिपके असतात.

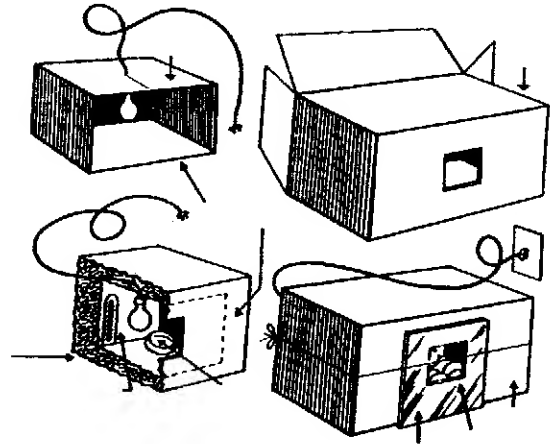


लवकरच माश्या अंडी घालतील व दोन-तीन दिवसांनी त्यामधून अळ्या बाहेर येतील. बाटलीत कागद ठेवला तर त्यावर अळ्यांना कोषावस्था प्राप्त होण्याचे वेळी हालचाल करणे शक्य होईल. कोषामधून पूर्ण वाढ झालेल्या माश्या बाहेर येतील. या माश्या दुसऱ्या बाटलीत सोडल्या तर माश्यांची आणखी उत्पत्ती होऊ शकेल.

१७. कॉंबड्यांची अंडी उबविणे.

वर्गामध्ये वीज असेल तर अगदी अल्प खर्चात अंडी उबविण्याचे यंत्र (अंडपोषण यंत्र) तयार करता येईल. एक मोठी व एक लहान अशा दोन कार्डबोर्डच्या पेट्या घ्या. लहान पेट्याच्या एका बाजूचा कार्डबोर्ड अजिबात काढून टाका व मोठ्या पेट्याच्या एका बाजूचा कार्डबोर्डमध्ये १५ चौ. सें. मी. मापाची खिडकी तयार करा. नंतर लहान पेट्याच्या वरच्या बाजूस एक लहानशी फट पाडून तीमधून आत विजेचा दिवा बसवा. दिव्याला जोडलेली विजेची तार खूप लांब असावी.

मोठ्या पेट्याच्या खिडकीसमोर लहान पेट्याची उघडी केलेली बाजू येईल अशा रीतीने लहान पेट्या मोठ्या पेट्यात



- आवडे छेद (Cross Section)

१. लहान पेट्या, २. पुढील बाजू, ३. निर्वाहक वर्तमानपत्र, ४. उष्णमापक, ५. पाणी, ६. मोठी पेट्या, ७. काच, ८. अंडी, ९. पुढील बाजू

ठेवा. दोन पेट्यांच्या मधली जागा कागदाच्या बोळ्यांनी भरून टाका. खिडकीतून दिसेल असे उष्णमापक पेट्यात ठेवा. त्याकरिता खिडकीला काच बसवा.

आता प्रयोगास सुरुवात करावी. सारखे एकवीस

दिवस १०३ अंश फॅ. (किंवा ४० सें.) उष्णमान कायम राहिल अशी योजना करावी. वेगवेगळे विजेचे दिवे वापरून कागदाचे बोळे कमीजास्त करून अनुभवाने हे उष्णमान राखण्याचे जमू शकेल. पेटीमध्ये पाण्याची लहानशी बशी ठेवावी.

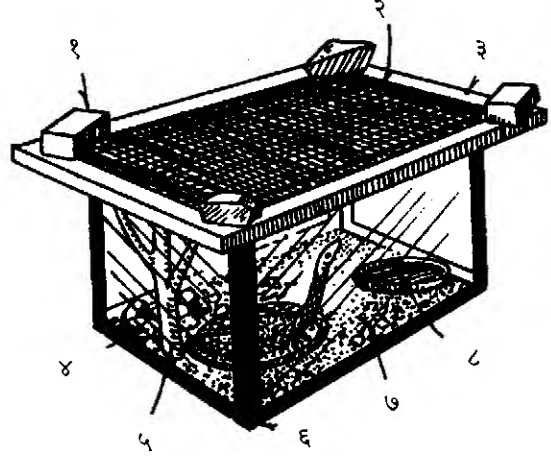
परिपक्व झालेली सुमारे एक डझन अंडी या अंडपोषण यंत्रामध्ये ठेवा. तीन दिवसांनी त्यातील एक अंडे बाहेर काढा व ते काळजीपूर्वक फोडून एका उथळ बशीत ओता. त्यातून बाहेर आलेल्या गर्भाचे निरीक्षण करा. त्याच्या गर्भाचे स्पंदन सुरू झालेले दिसून येईल. ते सुमारे अर्धा तास चालेल. दर तीन दिवसांनी एक एक अंडे बाहेर काढून त्यातील गर्भाची वाढ कशी होत गेली आहे त्याचे निरीक्षण करा : काही अंडी एकवीस दिवस नुसतीच ठेवावी व ती आपोआप फुटून त्यातून पिल्ले बाहेर येतात का पहावे.

१८. साप

निरीक्षण करण्याकरिता बिनविषारी साप वर्गात आणता येतील. आकृतीत दाखविल्याप्रमाणे साप ठेवण्याकरिता सुरक्षित पिंजरे तयार करता येतात. पिंजऱ्याच्या तळाशी वाळू व बारीक खडे ठेवावे. पाण्याकरिता एक उथळ भांडे ठेवावे. त्याबरोबरच काही मोठे दगड व फाटा असलेली झाडाची एक फांदी ठेवलेली चांगली.

साप बाहेर घेऊन निरीक्षण करावयाचे असेल तर पिंजऱ्याजवळ सावकाश जावे. साप हातात घेऊन पाहावयाचा असेल तर त्याच्या डोक्याच्या मागच्या बाजूस एका हाताने पक्का धरावा. मात्र फार घट्ट दाबून धरू नये.

त्याच्या शरीराच्या इतर भागास दुसऱ्या हाताने आधार द्यावा. सापांना गांडूळ, काही प्रकारचे किडे, अंडी किंवा मांसाचे बारीक तुकडे असे खाद्य म्हणून घालता येईल. साप दररोज खात नाही. काही साप तर पिंजऱ्यात असेपर्यंत काही खातच नाहीत. बहुतेक साप कित्येक आठवडे न खाता राहतात. जेव्हा एखाद्या सापाने काही खाल्ले नाही तरी काळजी करण्याचे कारण नाही.



१. विटा किंवा दगड
३. लाकडी चौकट
५. फांद्यांची डहाळी
७. गोटे

२. जाळीचे झाकण
४. दगड
६. काचेचे पाणघर
८. पाण्याची थाळी

खडक, माती, खनिजे व निखातके यांच्या अभ्यासाकरिता लागणारे साहित्य व प्रयोग

खडक (निरनिराळे दगड), माती (जमिनीचे प्रकार), खनिजे व निखातके (फॉसिल्स) यांसंबंधी मुलांना कुतूहल असते व त्यांचा अभ्यास करण्यात त्यांना मजा वाटते. या गोष्टींचे नमुने भोवतालच्या वातावरणात विपुल प्रमाणात सापडत असल्यामुळे शास्त्र-शिक्षणामध्ये या विभागाचा अभ्यास करणे बरेच सुलभ जाते. विद्यार्थ्यांनी जमविलेल्या प्रत्येक नमुन्याचे शास्त्रीय नाव शिक्षकाने सांगितलेच पाहिजे असे नाही. नमुन्याचे वर्गीकरण करून प्रत्येक नमुन्याचे नाव सांगणे हे भूगर्भशास्त्रज्ञाचे काम आहे. शास्त्रीय नावे सांगता न आली तरी खडक आणि खनिजे यांची इतर कितीतरी माहिती विद्यार्थ्यांना शिकविता येईल. खडक आणि खनिजे यांची आणखी माहिती 'ई' परिशिष्टामध्ये दिलेली आहे.

काही खडक खडबडीत व रेवाळ असतात. वाळूचे कण एकत्र दाबून तयार झाल्यासारखे हे दगड दिसतात. अशा खडकांना 'वाळूचे (सँडस्टोन) दगड' म्हणतात. काही खडक ग्रॅनाइटप्रमाणे लहान लांबट दगडाचे तुकडे व स्फटिक यांचे तयार झालेले असतात, त्यांना 'ग्रॅनाइट-सदृश खडक' म्हणतात. याशिवाय स्लेटपाटीचे दगड व चुनखडीचे दगड असेही प्रकार आहेत. यांचे एकावर एक थर असतात. स्लेटपाटीसारखा परंतु थोडासा मऊ व थर असलेला शेल नावाचा आणखी एक प्रकार आहे. या प्रकारचे दगड पाण्याच्या प्रवाहाच्या काठावर सापडतात. अशा तऱ्हेने खडकाचे प्रकार ठरविण्याची पद्धती अगदी शास्त्रशुद्ध नसली तरी भोवताली सामान्यतः आढळणाऱ्या खडकाचे ढोबळ वर्गीकरण करून ओळखण्यास या नावाचा बराच उपयोग होईल.

निसर्गामध्ये खडक ज्या पद्धतीने तयार होतात त्यावरून त्यांची तीन गटांत विभागणी करता येते.

१. दरसाल पावसाळ्यामध्ये नद्यांना पूर आल्यामुळे पाण्याबरोबर येणारा गाळ व इतर गदळ तळाशी किंवा नदीच्या किनाऱ्यावर साठून राहून जे दगड तयार झाले त्यांना 'गाळाचे दगड' (सेडिमेंटरी रॉक्स) म्हणतात. अशा खडकांत एकावर एक थर आढळून येतात. उदाहरणार्थ - शेल व चुनखडीचे दगड.
२. ज्वालामुखी पर्वतामधून पृथ्वीच्या पोटातील तप्त रस बाहेर येतो. काही दिवसांनी हा थंड होऊन त्याचे खडक बनतात, त्यांना 'अग्निजन्य खडक' (इग्निअस रॉक्स) म्हणतात. लाव्हा, कार्टझ, अभ्रक ही या प्रकारची काही उदाहरणे आहेत.
३. गाळाचे दगड व अग्निजन्य खडक पृथ्वीच्या पोटात गाडले जाऊन त्यावर खूप उष्णतेचा व दाबाचा परिणाम झाला म्हणजे 'रूपांतरित खडक' (मेटमॉर्फिक रॉक्स) तयार होतात. अशा रीतीने चुनखडीपासून संगमरवरी दगड व शेलपासून स्लेटपाटीचे दगड हे रूपांतरित दगड तयार होतात.

अ. खडक आणि खनिजे

१. दगडांचा संग्रह करणे.

प्रत्येक विद्यार्थ्यांस एक एक दगड आणण्यास सांगितले म्हणजे भोवताली सामान्यतः आढळणाऱ्या दगडाचा एक संग्रह होईल. प्रत्येक दगडाचे विशिष्ट नाव विद्यार्थ्यांस माहीत असलेच पाहिजे असे नाही. सामान्यतः एकसारखे दिसणारे दगड एकत्र करून गट तयार करावे व टेबलावर ठेवावे. या वेळी त्यांचा आकार, रंग व काही वैशिष्ट्य असल्यास त्याचा विचार करावा. जितक्या जास्तीत जास्त गोष्टींचा विचार करून वेगवेगळे

गट पाडता येतील तितके चांगले.

२. प्रत्येक दगडाचा सूक्ष्म अभ्यास

जमा केलेल्यांपैकी प्रत्येक दगडाचे काळजीपूर्वक निरीक्षण करून त्याची शक्य तितकी जास्तीत जास्त माहिती मिळवावी. दगड चपटा व सपाट असेल तर तो गाळाच्या दगडांपैकी असला पाहिजे. हजारो वर्षांपूर्वीपासून पाण्यातील गाळाचे थर एकावर एक साठून हे थर कठीण होतात व या प्रकारचे दगड तयार होतात. एखाद्या नमुन्यामध्ये वाळूचे बारीक कण किंवा त्यासारखे बारीक

दगड असतील तर तो वाळूचा दगड होय. एखाद्या दगडामध्ये जरा मोठे खडे एकत्र आलेले आढळले तर तो गाळाच्या दगडांपैकीच कॉंग्लोमेरेट नावाचा प्रकार होईल. दगडाचा आकार गोलाकार असला तर आपण त्यांना गोटे म्हणतो. पाण्याच्या प्रवाहाबरोबर वाहत गेल्यामुळे झिजून त्यांना ही गोलाई आलेली असते. साध्या सूक्ष्मदर्शक भिंगातून दगडाची पाहणी करावी. या वेळी एखाद्या नमुन्यामध्ये दगडाचे लांबट तुकडे (फ्लेक्स) व स्फटिक आढळले तर तो ग्रॅनाइटसारखा दगड होय. अनेक वर्षांपूर्वी पृथ्वीच्या पोटांमध्ये हा दगड तयार झालेला असून काही नैसर्गिक घडामोडींमुळे तो पृष्ठभागावर आलेला असतो. अशा रीतीने दगडांचे काळजीपूर्वक निरीक्षण करून त्याचे प्रकार ठरविण्याचा अभ्यास विद्यार्थ्यांनी केला म्हणजे त्यांना दगडांचा आणखी संग्रह करून त्यांना जास्त अभ्यास करण्यास उत्साह वाटेल.

३. प्रत्येक विद्यार्थ्यांचा वैयक्तिक दगड-संग्रह

विद्यार्थ्यांना स्वतःचा दगडाचा संग्रह करण्यास प्रोत्साहन द्यावे. संग्रह ठेवण्याकरिता लहान जाड पुट्ट्यांच्या किंवा सिगारच्या पेट्यांचा उपयोग करावा. पेट्यांमध्ये उभ्या आडव्या पट्ट्या बसवून कप्पे तयार करावे व प्रत्येक खणामध्ये एकेक नमुना ठेवावा. प्रत्येक नमुना ओळखून त्याचे नाव निश्चित झाले म्हणजे कागदाचा लहान तुकडा किंवा लहानशी चिकटपट्टी प्रत्येक नमुन्यावर बसवून त्यावर आकडे घालावे. या आकडाची सूची तयार करून ती पेटीच्या झाकणाला लावून ठेवावी. संग्रहाचे गट लहान असलेले जास्त बरे. दगडांची देवघेव करून संग्रहामध्ये विविधता आणण्यास विद्यार्थ्यांना प्रोत्साहन द्यावे.

४. फोडलेल्या दगडाचे निरीक्षण

दगडाचे वेगवेगळे प्रकार फोडून पहा. बरेच दिवस हवेत उघडा राहिलेला दगडाचा पृष्ठभाग व दगड फोडल्यानंतर दिसणारा आतील पृष्ठभाग यांमध्ये काय फरक दिसतो ते पहा. एका फडक्यामध्ये दगड गुंडाळून तो मोठ्या दगडावर ठेवावा व त्यावर हातोटीचे घाव घालून तो फोडावा. यामुळे दगड व्यवस्थित फुटला जाईल व दगडाच्या लहान कपच्या उडून कोठेतरी लागणार नाहीत.

५. चुनखडीच्या दगडाचे परीक्षण

दगडावर लिंबाचा रस, शिरका (व्हिनेगर) किंवा

कोणतेही सौम्य आम्ल टाकून तो चुनखडीचा दगड आहे किंवा नाही ते ठरवता येईल. चुनखडीचा दगड असेल तर आम्ल टाकलेल्या ठिकाणी फसफसलेले किंवा बुडबुडे आलेले दिसतील. हे बुडबुडे चुनखडीवर आम्लांचा परिणाम होऊन निर्माण झालेल्या कर्बाम्ल वायूमुळे उत्पन्न झालेले असतात. फरशीचे दगड किंवा संगमरवरी दगड यांवर आम्लाची क्रिया अशीच होते.

६. फोडलेल्या दगडांचे साध्या भिंगामधून निरीक्षण करणे.

नुकत्याच फोडलेल्या दगडाच्या आतील भागाचे साध्या बाह्यगोल भिंगामधून निरीक्षण करा व त्यामध्ये निरनिराळ्या खनिजांचे स्फटिक दिसतात का पहा. निरनिराळ्या खनिजांच्या स्फटिकांचे आकार, आकारमान व रंग वेगवेगळे असतात.

७. साध्या भिंगामधून वाळूचे परीक्षण

थोडीशी वाळू घेऊन तिचे साध्या बाह्यगोल भिंगामधून किंवा साध्या (कमी शक्तीच्या) सूक्ष्मदर्शक यंत्रामधून निरीक्षण करा. पृथ्वीवर नेहमी आढळणाऱ्या गारगोटी (क्वार्ट्झ) या खनिजाचे स्फटिक रंगहीन दिसतील. इतर खनिजांचे स्फटिकही वाळूमध्ये आढळतील. ते तुम्ही भिंगाच्या साहाय्याने शोधून काढा.

८. खडक आणि खनिज यांतील फरक

संग्रहामध्ये असलेल्या वेगवेगळ्या नमुन्यांचे सूक्ष्म निरीक्षण करून खडक आणि खनिज यांतील भेद स्पष्ट समजून घ्या. खडक हा पृथ्वीच्या पोटातच सापडत असल्यामुळे तो एक प्रकारचा खनिजच आहे. हा विपुल प्रमाणात सापडतो व त्यामध्ये अनेक खनिजांचे मिश्रण असते. काही खडकांमध्ये मात्र एकाच प्रकारचे खनिज असते. खनिज पृथ्वीच्या पोटात नैसर्गिक स्थितीत सापडते. प्रत्येक खनिजाची रासायनिक घटना ठरावीक असून त्याचे गुणधर्म विशिष्ट प्रकारचे असतात.

९. दगडाच्या खाणीस सहल

मुलांना सहलीस नेण्यापूर्वी शिक्षकाने स्वतः जाऊन खाण पाहून ठेवावी व तेथे विद्यार्थ्यांना मुख्यतः कोणत्या गोष्टी दाखवायच्या याची नोंद करावी. खाणीमधून दगड कसे काढतात ते विद्यार्थ्यांच्या नजरेस आणावे. गाळाचे दगड असतील तर त्यामध्ये थर कसे दिसतात याचे निरीक्षण

करावे. दगडाचे काही नमुने अभ्यास करण्याकरिता शाळेत आणावे. वनस्पतींची किंवा प्राण्यांची निखातके सापडल्यास ती जमा करावी. बरेच दिवस उघडे पडलेले मोठेमोठे खडक किंवा खडकांचे थर पाहण्याकरिता सहल काढावी. जवळपास एखादी कोळशाची खाण असल्यास तेथेही सहल न्यावी.

१०. दगड आणि खनिजांचे नमुने बसविणे.

प्लॅस्टर ऑफ पॅरिस वापरून त्यामध्ये दगड आणि खनिजाचे नमुने पक्के बसविता येतील. त्याची पूड

पाण्यामध्ये मिसळून दाट पेज बनवावी. टिनच्या डब्याचे झाकण घेऊन त्याच्या तळाशी मेण-कागद बसवावा; किंवा व्हॅसलीन अगर ग्रीझ चोपडावे. त्यावर पाण्यात कालवलेल्या प्लॅस्टर ऑफ पॅरिसचा सुमारे १ सें. मी. जाडीचा थर बसवावा. तो घट्ट होण्यापूर्वीच त्यामध्ये दगडाचा किंवा खनिजाचा नमुनावरून दिसेल असा खुपसून बसवावा.

पांढऱ्या भागावर नमुन्याचे नाव लिहावे. तळाशी लाखेचा थर द्यावा किंवा रोगण लावावे.

आ. कृत्रिम दगड

१. सीमेंट आणि काँक्रीट

पोर्टलँड सीमेंटचे एक लहानसे पोते मिळवा. त्यातील सीमेंट प्रत्येक विद्यार्थ्यांस देऊन ते पाण्यात मिसळण्यास सांगा. ते घट्ट होण्यापूर्वीच टिनच्या डब्याच्या झाकणामध्ये, कागदाच्या कपामध्ये किंवा जाड पुट्ट्याच्या लहान डब्यामध्ये ठेवण्यास सांगा. ते सीमेंट कसे दिसते व त्याचे इतर गुणधर्म यांचा अभ्यास करा. घट्ट झालेले सीमेंट फोडा व त्याचे निरीक्षण करा. कोरड्या सीमेंटमध्ये त्याच्या दुप्पट वाळू किंवा कच मिसळा म्हणजे काँक्रीट तयार होईल. त्यामध्ये पाणी घालून ते चांगले मिसळा व वेगवेगळ्या साच्यामध्ये ओतून ठेवा. बरेच दिवसांपर्यंत ते ठेवून कठीण होऊ द्या. नंतर ते कसे दिसते व त्याचे इतर विशेष गुणधर्म यांचा अभ्यास करा.

२. प्लॅस्टर ऑफ पॅरिस

थोड्याशा पाण्यामध्ये थोडेसे प्लॅस्टर ऑफ पॅरिस चांगले कालवा. कालवणे जलद झाले पाहिजे, नाहीतर प्लॅस्टर ऑफ पॅरिस घट्ट होऊन जाईल. वेगवेगळ्या साच्यामध्ये हे मिश्रण घाला व ते घट्ट होऊ द्या. यानंतर ते कसे दिसते ते पहा व त्याच्या गुणधर्मांचा अभ्यास करा.

३. बांधकामाचे साहित्य जमा करणे.

बांधकामास उपयोगी पडणारे दगडाचे व खनिजांचे वेगवेगळे प्रकार जमा करा. उदा. - फरशी, ग्रॅनाईट, स्लेटचा दगड, चुनखडीचा दगड, विटा, सीमेंट, प्लॅस्टर वगैरे. प्रत्येक प्रकारावर त्याच्या नावाची चिठ्ठी चिकटवा. या नमुन्यांमुळे तुमच्या संग्रहालयात चांगली भर पडेल.

इ. मूलद्रव्ये व संयुगे

१. मूलद्रव्यांचा संग्रह करणे.

मूलद्रव्यांची यादी तयार करा व त्यापैकी शक्य तितकी मूलद्रव्ये जमा करा. लोखंड, अॅल्युमिनियम, जस्त, कथील, तांबे, शिसे, सोने, चांदी, पारा, गंधक इत्यादी मूलद्रव्ये जमविणे कठीण नाही. परिशिष्ट 'ई' पहा.

२. नेहमी आढळणाऱ्या रासायनिक संयुगांचा संग्रह

शक्य तितकी जास्तीत जास्त संयुगे जमवा. उदा. मीठ, साखर, स्टार्च, सोडा, मोरचूद, विरंजक चूर्ण (ब्लीचिंग पावडर) प्लॅस्टर ऑफ पॅरिस, रबर, लोकर, कापूस इत्यादी.

ई. ज्वालामुखीचा नमुना तयार करणे.

रासायनिक पदार्थ विकणाऱ्या एखाद्या दुकानातून सुमारे ५०० ग्रॅम अमोनियम बाय-क्रोमेट, १२५ ग्रॅम मॅग्नेशियमची पूड व ३० ग्रॅम मॅग्नेशियमची तार आणा. या सर्वांची किंमत सुमारे १०-१५ रुपये होईल. या सामग्रीतून ३० ते ४० ज्वालामुखीचे स्फोट निर्माण करता येतील.

विद्यार्थ्यांना साधी चिकणमाती जमविण्यास सांगा. एक

मोठा फळा घेऊन त्यावर सुमारे ३० सें. मी. उंचीचा व तळाशी ६० सें. मी व्यास असलेला शंकूच्या आकाराचा मातीचा एक छोटासा ज्वालामुखी पर्वत तयार करा. या ज्वालामुखीच्या वरच्या टोकाशी काठी खुपसून सुमारे ५ ते ७ सें. मी. खोल भोक पाडा. हे भोक दोन वेळा गच्च भरता येईल इतका अमोनियम बाय-क्रोमेट एका कागदावर

घ्या. त्याचे स्फटिक मुद्दाम बारीक करू नका. कारण या खड्यांमुळेच प्रयोग जास्त यशस्वी होतो. कागदावर मॅग्नेशियमची पूड टाकून ती पेन्सिलीच्या साहाय्याने बायक्रोमेटमध्ये मिसळा. तयार झालेल्या मिश्रणापैकी निम्मे ज्वालामुखीच्या वरच्या भोकात भरा. आता सुमारे ७.५ सें. मी. लांबीची मॅग्नेशियमची तार घेऊन तिचे एक टोक या मिश्रणामध्ये खुपसा. दुसरे टोक बाहेरील बाजूस राहू

द्या. हे दुसरे टोक पेटवून बाजूला व्हा. स्फोट झाला नाही तर थोडा वेळ थांबा.

स्फोट होत नाही अशी खात्री झाली म्हणजे दुसरी मॅग्नेशियमची तार खुपसून पुन्हा प्रयोग करून पहा. स्फोट झाल्यानंतर भोकातील राहिलेले मिश्रण गरम असतानाच त्यामध्ये नवीन मिश्रण घाला. त्यामुळे आणखी एक स्फोट होईल.

उ. माती

१. मातीचे प्रकार

शक्य तितक्या निरनिराळ्या ठिकाणांहून मातीचे विविध नमुने जमा करा व ते काचेच्या भांड्यात ठेवा. वाळूसारखे कण असलेली माती, चिखल माती, चिकणमाती, कुजलेला पालापाचोळा असलेली माती इत्यादी प्रकार जमवून ठेवा. प्रत्येक प्रकारची थोडीशी माती घेऊन तिचे भिंगामधून निरीक्षण करण्यास सांगा.

२. मातीच्या कणाकणांतील फरक निदर्शनास आणणे.

सुमारे अर्धा गॅलन किंवा दोन लीटर पाणी मावू शकेल अशी काचेची वायुपात्रे मिळवा. एका वायुपात्रात काही मुठी माती टाकून ते पाण्याने भरा. पाण्यामध्ये माती चांगली ढवळून ते वायुपात्र काही तास बाजूला ठेवा. मातीतील सर्वात जड कण तळाशी बसून त्यांचा एक थर तयार होईल. नंतर क्रमाने हलक्या कणाचे थर त्यावर बसतील. रबरी नळीच्या साहाय्याने (सायफन) वायुपात्रातील पाणी हलकेच काढून टाका. नंतर खाली बसलेल्या प्रत्येक थरातील काही भाग घेऊन भिंगामधून त्याचे परीक्षण करा.

३. मातीमध्ये हवा असते हे दाखविणे.

एका काचेच्या भांड्यांत किंवा बाटलीत थोडी माती घ्या व त्यावर पाणी सावकाश ओता. मातीमधून निघालेले हवेचे बुडबुडे पाण्यामधून वर येत असलेले दिसतील.

४. खडकपासून माती कशी बनते ते दाखविणे.

दिव्याच्या ज्योतीमध्ये काचेचा एक तुकडा तापवा व तो थंड पाण्यामध्ये एकदम बुडवा. काच एकदम थंड केल्यामुळे तिचे विषम आकुंचन होते व तो तुकडा तडकतो. काही दगड विस्तवामध्ये खूप तापवा व नंतर त्यावर थंड पाणी ओता. तापवताना व थंड करताना दोन्ही खेपेस दगड फुटत असल्याचे दिसून येईल. अशा रीतीने

उष्णतामानात होणाऱ्या फरकांमुळे दगड फुटणे ही माती बनण्याची सुरुवात असते.

५. वाहते पाणी गढूळ का दिसते?

जोराचा पाऊस पडू लागल्यानंतर गढूळ पाणी वाहू लागते. अशा वेळी वेगवेगळ्या ठिकाणचे पाणी विद्यार्थ्यांना काचेच्या भांड्यातून भरून आणण्यास सांगावे. हे पाणी काही तास संथ ठेवण्यास सांगून त्यानंतर तळाशी बसणाऱ्या गाळाचे निरीक्षण करण्यास सांगावे.

६. दगडापासून माती तयार करणे.

भोवतालच्या आवारातून शेल किंवा चुनखडीसारखे काही मऊ दगड वर्गात आणावे. विद्यार्थ्यांना हे दगड कुटून त्याची बारीक पूड तयार करण्यास सांगावे.

७. मातीमुळे वनस्पतींच्या वाढीवर होणारा परिणाम

वेगवेगळ्या प्रकारची माती आणा. उदा. फुलबागेतील, रानातील, घराचा पाया अग्न तळघर खणत असल्यास तेथील वाळू असलेली, चिकणमाती वगैरे. प्रत्येक प्रकारची माती वेगवेगळ्या कुंडीत किंवा काचेच्या भांड्यामध्ये भरा. प्रत्येकीमध्ये बी पेरून त्यास सारखेच पाणी द्या. कोणत्या प्रकारच्या मातीमधील बीला जास्त लवकर कोंब फुटतो ते पहा. रोपाची वाढ होऊ लागल्यावर कोणत्या प्रकारच्या मातीमध्ये वाढ जास्त चांगली होते याचे निरीक्षण करा.

८. मातीमध्ये पाण्याचा अंश असतो हे दाखविणे.

काचेच्या पातळ बशीमध्ये माती घेऊन बशी काळजीपूर्वक तापवा. मातीवर एक काचेचे पात्र उपडे ठेवा. थोड्याच वेळात वायुपात्राच्या आतील बाजूवर पाण्याचे बिंदू दिसतील.

९. वरची माती आणि जमिनीच्या खालची माती यांच्या सुपीकपणातील फरक

एखाद्या फुलबागेतील वरची माती घ्या. तसेच जमिनीच्या पृष्ठभागाखाली सुमारे ५० सें. मी. खोल असलेली माती घ्या. दोन्ही प्रकारची माती वेगवेगळ्या कुंड्यांमध्ये घालून त्यामध्ये बी पेरा. प्रत्येकीस सारखेच पाणी, उष्णता व उजेड मिळेल अशी व्यवस्था करा. कोणत्या मातीमध्ये बी जास्त चांगले उगवते ते पहा.

१०. नायट्रोजनचे स्थिरीकरण (फिक्सेशन) करणाऱ्या ग्रंथी द्विदल वनस्पतींच्या मुळावर असतात हे दाखविणे.

सोयाबीन, वाटाणा, भुईमूग यांसारख्या द्विदल वनस्पती जमिनीमधून खणून काढा. त्यांच्या मुळांना धक्का लागणार नाही अशी काळजी घ्या. मुळावरील माती धुवून काढून मुळे स्वच्छ करा. मुळांचे बारकाईने निरीक्षण केले असता त्यावर पांढरट लहान गाठी किंवा ग्रंथी दिसतील. या ग्रंथीमध्ये नायट्रोजन स्थिर करणारे जंतू असतात. हे जंतू हवेतील नायट्रोजन घेतात व मातीमध्ये स्थिर करतात. वनस्पतींना मातीतील हा नायट्रोजन घेता येतो.

११. केशाकर्षणाने (कॅपिलॅरिटी) पाणी वर कसे चढते ते दाखविणे.

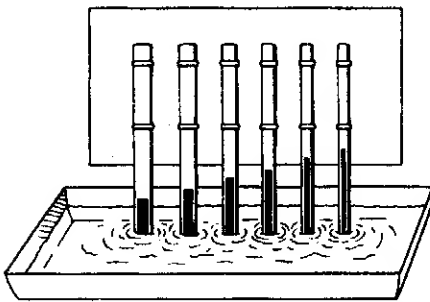
एका उथळ बशीत असलेल्या पाण्यात शाई टाकून ते रंगीत करा. पाण्याच्या पृष्ठभागास टीपकागदाच्या एका टोकाचा स्पर्श करा. थोड्याच वेळात टीपकागदात पाणी कसे चढते ते पहा.

साखरेच्या खड्याचा पाण्याला स्पर्श करा व त्यामध्ये पाणी कसे चढते ते पहा.

कंदिलाची वात पाण्यात धरून काय होते ते पहा.

१२. बारीक नळ्यांमधून पाणी कसे चढते ते दाखविणे.

काचेच्या नळ्या, ज्योतीमध्ये तापवून ओढा व लहान मोठ्या व्यासाच्या बारीक केशाकर्षणी नळ्या तयार करा.



एक कार्डबोर्ड घेऊन त्यावर या नळ्या काही अंतरावर चिकटवून बसवा. सर्व नळ्यांचा सुमारे ५ सें. मी. लांबीचा भाग कार्डबोर्डच्या खाली आलेला असावा. या नळ्यांची टोके आकृतीत दाखविल्याप्रमाणे रंगीत पाण्यामध्ये बुडवा. केशाकर्षणामुळे नळ्यांमध्ये पाणी कसे चढते ते पहा.

१३. वेगवेगळ्या प्रकारच्या मातीमध्ये पाणी कसे चढते ते दाखविणे.

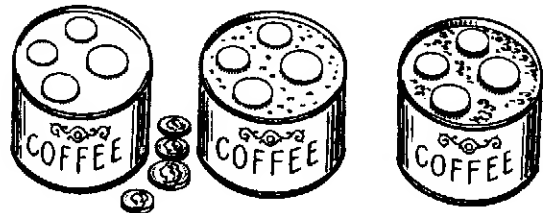
दिव्याच्या चिमण्या घेऊन त्यांच्या तोंडाला फडकी बांधा. प्रत्येक चिमणीमध्ये सुमारे १.५ सें. मी उंचीपर्यंत वेगवेगळ्या प्रकारची माती (उदा. वाळू, चिखलट माती, भरभरीत माती, चिकणमाती वगैरे) घ्या. एका पसरट भांड्यात ३ सें. मी. उंचीपर्यंत पाणी घ्या व त्यामध्ये सर्व चिमण्या उभ्या ठेवा. केशाकर्षणामुळे कोणत्या प्रकारच्या मातीमध्ये सर्वात जास्त उंचीपर्यंत पाणी चढते ते पहा.

१४. मातीचा कोणता प्रकार जास्त पाणी धरून ठेवतो हे दाखविणे.

वरीलप्रमाणेच दिव्यांच्या चिमण्यांना फडकी बांधून प्रत्येकीत वेगवेगळ्या प्रकारची ती सुमारे ८ सें. मी. उंचीपर्यंत भरा. वाळू, चिकणमाती, चिखलट माती, रानातील माती उपयोगात आणा. प्रत्येक चिमणीच्या खाली मातीतून आलेले पाणी धरण्याकरिता बशी ठेवा. आता प्रत्येक चिमणीतील मातीवर गळून खाली पडेपर्यंत पाणी ओता व ओतलेले पाणी मोजून ठेवा. कोणत्या प्रकारच्या मातीवर जास्त पाणी ओतावे लागले ते पहा.

१५. पावसाचा मातीवर परिणाम

हातोडी व लहानसा खिळा यांच्या साहाय्याने टिनच्या डब्याच्या तळाशी भोके पाडून झारी तयार करा. कुंड्या



कोरडी माती

हलक्या सरीचा
परिणाम

मोठ्या पावसाचा
परिणाम

किंवा डबे यामध्ये माती भरून ती थोडीशी दाबा. मातीचा पृष्ठभाग तोंडाच्या सपाटीबरोबर असावा. या पृष्ठभागावर

काही नाणी किंवा बाटल्यांची बुचे (पत्र्याची) ठेवा. डबा थाळ्यांत ठेवून त्यावर झारीने पाऊस पाडा. प्रथम झारीने थोडे पाणी शिंपडा व पावसाच्या हलक्या सर्रीचा काय परिणाम होतो ते पहा. नंतर जोराने पाणी शिंपडून जोरदार पावसाचा काय परिणाम होतो ते पहा. उघडी राहिलेली माती धुवून जाते व नाण्याखाली अगर झाकणाखाली असलेली तशीच उभी राहते असे दिसून येईल.

१६. उतरत्या जमिनीवर पावसाचा परिणाम

एका उथळ थाळीमध्ये व पेटीमध्ये अगदी वरपर्यंत माती दाबून भरा. थाळीची एक बाजू थोडीशी वर उचलून ती पावसात ठेवा. पावसाच्या थेंबांमुळे थाळीतील माती उतरत्या भागाकडे कशी उडवली जाते ते पहा. पावसाऐवजी पाण्याची झारी वापरून हा प्रयोग घरात करता येईल.

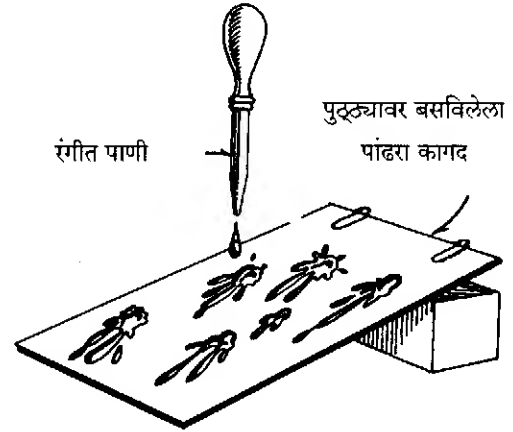
१७. मातीवर पावसाच्या थेंबांचा परिणाम दाखविणे.

एका पांढऱ्या कागदावर मातीने भरलेली बशी किंवा बरणीचे झाकण ठेवा. मातीच्या वर सुमारे १ मीटर अंतरावर पाण्याने भरलेली शाईभरणी (ड्रॉपर) धरा. मातीवर एक थेंब पाणी सोडा व त्यामुळे किती माती उडविली जाते ते पहा. बशीखाली दुसरा पांढरा कागद ठेवा. आता भरणीमधून पाण्याचे थेंब भराभर पाडा. मात्र या वेळी पेन्सिल मध्ये धरून थेंब पडताना त्यात अडथळा आणा. त्यामुळे थेंबांचा जोर कमी होईल व माती कमी प्रमाणात उडून जाईल. याप्रमाणेच वनस्पतींमुळे माती धुवून जाण्यास अडथळा होत असेल का?

१८. पावसाच्या थेंबांचा मातीवर होणाऱ्या परिणामामध्ये बदल कसा होतो?

एका जाड पुठ्यावर पेपर क्लिप्सच्या साहाय्याने एक पांढरा कागद बसवा. कार्डबोर्ड जमिनीवर सपाट ठेवा. शाईभरणीने कागदावर रंगीत पाण्याचे थेंब पाडा. कागदावर पसरलेल्या ठिपक्याचा आकार व आकारमान पाहून ठेवा. आता कार्डबोर्डची एक बाजू उचलून तो उतरता ठेवा व पाण्याचे थेंब पाडून काय परिणाम होतो ते पहा. शाईभरणी कमी-जास्त उंचीवर धरून, रंगीत पाण्याचा थेंब लहान मोठा करून आणि कार्डबोर्डची उतरण कमी-जास्त करून हाच प्रयोग करून पहा. प्रत्येक वेळी नवीन पांढरा कागद वापरून व वेगवेगळ्या रंगाचे पाणी घेऊन परिणामात काय बदल होतो याची नोंद करता येईल.

१९. पृष्ठभागाशी असलेल्या मातीवर वरून पडणाऱ्या पाण्याचा परिणाम

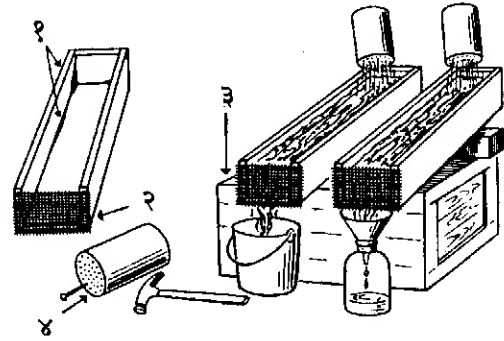


एका कुंडीत भरभरीत किंवा चिखलट माती घ्या. ही कुंडी पाणी ठिबकणाऱ्या नळाच्या तोटीखाली सुमारे तासभर ठेवा. खाली पडणाऱ्या पावसामुळे पृष्ठभागाशी असलेली माती व इतर निरिद्रिय पदार्थ कसे दूर केले जातात ते पहा.

२०. उघड्या मातीवर पावसाचा परिणाम

एका पेटीमध्ये किंवा पसरट भांड्यामध्ये माती व वाळूचा ढीग तयार करा. त्याच्या वरच्या बाजूवर पाण्याच्या झारीने हळूहळू पाणी शिंपडा. दगडाचे बारीक कण पाण्याबरोबर ढिगाच्या तळाशी जाऊन साठत असल्याचे दिसून येईल.

२१. वाहत्या पाण्यामुळे जमीन कशी धुवून जाते?



१. कोपरे व भेगांमध्ये लांबी बसवा.

२. येथे जाळी बसवा, ३. पेटी, ४. पाणी घालण्याचे भांडे

आकृतीत दाखविल्याप्रमाणे दोन ट्रे तयार करा. त्यांच्या भेगांमध्ये लांबी बसविली म्हणजे पाणी वाहून जाणार नाही. खाली वाहून येणारे पाणी साठविण्याकरिता लहानशा

बादल्या किंवा वर नरसाळे बसविलेल्या काचेच्या बाटल्या वापरता येतील.

(अ) एका ट्रेमध्ये सैलसर अशी माती भरा. दुसऱ्या ट्रेमध्ये अगदी ठेवून माती भरा. दोन्ही ट्रे किंचित कल्ले ठेवून प्रत्येकावर सारख्या प्रमाणात झारीने पाणी ओता. कोणत्या ट्रेमधील माती जास्त प्रमाणात वाहून गेली आहे ते पहा. तसेच प्रत्येकातून वाहून येणारे पाणी कसे आहे ते पहा.

(आ) दोन्ही ट्रे मातीने भरा. मात्र एकावर गवत पसरा. पूर्वीप्रमाणेच पाणी ओतून माती वाहून जाण्याचे प्रमाण व वाहत येणारे पाणी यात काय फरक दिसतो ते पहा.

(इ) दोन्ही ट्रे मातीने भरा. परंतु एक दुसऱ्यापेक्षा जास्त कलता ठेवा. पहिल्या दोन प्रयोगांप्रमाणेच पाणी ओतून काय परिणाम दिसून येतो ते पहा.

२२. माती वाहून जाण्यास प्रतिबंध कसा करता येईल?

वरील प्रयोगात वापरलेले ट्रे उपयोगात आणा.

(अ) प्रत्येक ट्रेमध्ये सैलसर माती भरा व दोन्ही ट्रे सारख्या प्रमाणात उतरते ठेवा. एका ट्रेमध्ये मातीत उभ्या सऱ्या पाडा व दुसऱ्यामध्ये आडव्या सऱ्या पाडा. प्रत्येकावर झारीने सारख्या प्रमाणात पाणी ओता. त्यामुळे

माती कशी वाहून जाते व वाहत येणारे पाणी कसे दिसते याचे निरीक्षण करा.

(आ) ट्रे मातीने पुन्हा भरा. मातीमध्ये चांगल्या घळी पडतील इतके पाणी तीवर ओता. आता या घळीमध्ये अंतरा-अंतरावर लहानसे खडे व डहाळ्या बसवा. पुन्हा पाणी ओता व या अडथळ्यांमुळे काय परिणाम होतो ते पहा.

२३. जमिनीची झीज कशी होते ते पाहण्याकरिता सहल वाहत्या पाण्यामुळे घळी खूप पडल्या आहेत असे ठिकाण शोधून काढा. त्या ठिकाणी मुलांचा वर्ग न्या. तेथे घळी का पडल्या; त्या पडू नयेत म्हणून काय करता आले असते व त्या आणखी वाढू नयेत म्हणून काय करता येईल, इत्यादी प्रश्नांची चर्चा करा.

२४. शाळेच्या क्रीडांगणावरील माती वाहून जाऊ नये म्हणून करावयाचे उपाय

प्रत्येक शाळेच्या आवारामध्ये काही ठिकाणी वाहत्या पाण्यामुळे जमिनीची झीज झालेली दिसून येईल. ही झीज थांबविण्याकरिता काय करता येईल याची योजना विद्यार्थ्यांना वर्गात तयार करण्यास सांगावी. नंतर ती योजना त्यांना प्रत्यक्ष अमलात आणण्यास लावावी.

ऊ. निखातके (फॉसिल्स)

१. निखातके कोठे सापडतील?

दगडाच्या खाणीमध्ये किंवा मोठमोठ्या खडकांमध्ये निखातके सापडतील. निखातकांची माहिती असलेला इसम बरोबर घेऊन एका सहलीची योजना आखा व निखातके जमा करा.

खनिज कोळशाचे मोठे तुकडे फोडले असता त्यामध्ये निखातके सापडतील. हे तुकडे काळजीपूर्वक फोडले तर आतील पृष्ठभागावर पानाचे व नेचाचे ठसे उमटलेले दिसतील.

तुमच्या भोवतालच्या आवारामध्ये निखातके सापडली नाहीत तर राज्याच्या किंवा देशाच्या पदार्थ-संग्रहालयांतून ती मिळविण्याचा प्रयत्न करावा. अशा संग्रहालयांच्या किंवा महाविद्यालयांच्या प्रमुखांना पत्र लिहून पहावे.

२. निखातके कशी बनतात?

एका पानाला व्हॅसलीन लावून ते काचेवर अगर एखाद्या गुळगुळीत पृष्ठभागावर ठेवा. पानाभोवती कागदाची अगर

कार्डबोर्डची पट्टी तीवर चिकणमाती थापून पक्की बसवा. आता पाण्यामध्ये प्लॅस्टर ऑफ पॅरिस कालवून ते मिश्रण पानावर ओता. हे प्लॅस्टर ऑफ पॅरिस वाळून घट्ट झाले की, पान हळूच काढून टाका. पानाचा उत्तम ठसा उमटलेला दिसेल. काही निखातके वनस्पतींवर गाळ साठून राहिल्याने तयार होतात. या गाळाचे नंतर खडक बनतात. व्हॅसलीन लावलेला शिंपला वापरून वरीलप्रमाणेच त्याचा ठसा घेता येईल.

३. निखातकाचे नमुने बसविणे

भोवतालच्या परिसरामध्ये निखातके खूप सापडत असतील तर विद्यार्थ्यांना शालेय संग्रहालयाकरिता निखातके जमविण्यास प्रोत्साहन द्यावे. हे काम ते आनंदाने व उत्साहाने करतील.

प्लॅस्टर ऑफ पॅरिसमध्ये निखातके उत्तम प्रकारे बसविता येतील. त्याकरिता याच प्रकरणामधील 'अ' विभागामध्ये १० वा परिच्छेद पहा. त्याप्रमाणे कृती करा.

खगोलशास्त्राकरिता प्रयोग व साहित्य

प्राथमिक शाळेतील मुलांना आणि माध्यमिक शाळेत सामान्यविज्ञान शिकणाऱ्या मुलांनाही खगोलशास्त्र हा एक मनोरंजक विषय वाटतो. पुष्कळ ठिकाणी या शास्त्रासंबंधीच्या मूलभूत कल्पना केवळ वर्णन करून सांगितल्या जातात. काही वेळा मुले फक्त पुस्तके वाचून माहिती मिळवितात. या प्रकरणात काही प्रयोग सुचविले आहेत. त्यांचा उपयोग करून निरीक्षण पद्धतीने व प्रयोग करून खगोलशास्त्राचा बराच भाग शिक्षकांना शिकविता येईल.

या प्रकरणात दिलेल्या प्रयोगांचा विशिष्ट असा क्रम नाही. शिक्षकांनी विशिष्ट भाग शिकविण्याकरिता जरूर असलेल्या प्रयोगाची योग्य ती निवड करावी.

अ. ताऱ्यांचे निरीक्षण

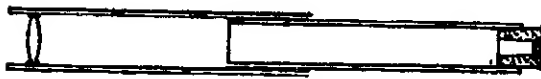
१. एक साधी वक्रीभवनशील (रिफ्रॅक्टिंग) दुर्बीण तयार करणे.

एक दुसऱ्यात बरोबर बसेल अशी कार्डबोर्डची दोन नळकांडी वापरून साधी दुर्बीण तयार करता येईल.

तथापि चांगली भिंगे मिळाल्याशिवाय दुर्बीण तयार करता येत नाही, ही गोष्ट सुरुवातीच्या शास्त्रज्ञांना लवकरच कळून आली.

कापडाचा पोत पाहण्याकरिता तसेच पोस्टाच्या तिकिटांचे सूक्ष्म निरीक्षण करण्याकरिता वापरतात ती भिंगे रंगहीन (अॅक्रोमॅटिक) असतात. म्हणजे साध्या भिंगातून पाहिले असता रंग दिसतात, तसे या भिंगातून पाहिले असता दिसत नाहीत. या प्रकाराचेच सुमारे २ ते ३ सें. मी. केंद्रांतर असलेले भिंग नेत्रभिंग (आय-पीस) म्हणून वापरता येईल. लहान नळकांड्याच्या तोंडाशी लहानसे छिद्र असलेले बूच बसवून त्यामध्ये हे भिंग बसवावे.

वस्तुभिंग म्हणून वापरावयाचे भिंगही वरीलप्रमाणेच उत्तम प्रतीचे असले पाहिजे. या प्रकारचे सुमारे २५ ते ३० सें. मी. केंद्रांतर असलेले भिंग मोठ्या नळकांड्याच्या



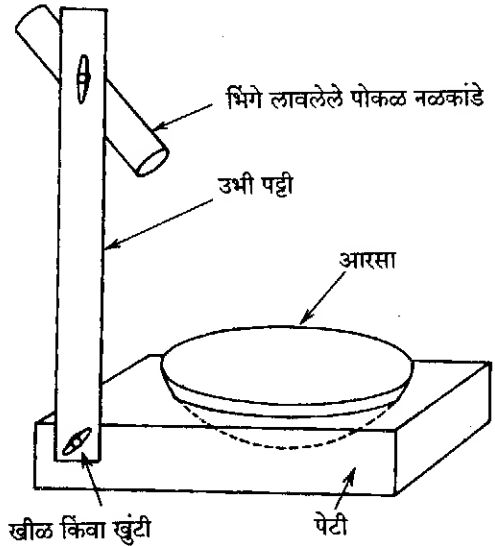
तोंडाशी प्लॅस्टिसीनने पक्के बसवावे. दोन्ही भिंगांचा आस एकाच सरळ रेषेत येईल अशी व्यवस्था करावी. नळकांडी मागेपुढे सरकवून भिंगे योग्य अंतरावर आणली तर उपकरणाचा दुर्बीण म्हणून चांगला उपयोग होईल. गॅलिलिओने तर यापेक्षाही कमी प्रतीच्या दुर्बीणाचा उपयोग

करून शोध लावले होते.

वरील दुर्बीणीमधून गुरूचे चंद्र चांगले दिसतील; परंतु शनीची कडी मात्र दिसणार नाहीत.

२. साधी परावर्तक दुर्बीण तयार करणे.

वाहनांच्या दिव्यातील किंवा दाढी करण्याचा अंतर्गोल आरसा वापरून साधी परावर्तक दुर्बीण तयार करता येईल. आरसा वेगवेगळ्या कोनांतून फिरविता येईल. अशा तऱ्हेने एका लाकडी पेटीत बसवावा. पेटीच्या एका बाजूला एक लाकडी उभी पट्टी बसवावी. ही पट्टीही वेगवेगळ्या कोनांतून फिरविता यावी. कमी केंद्रांतर असलेली दोन भिंगे बुचात बसवून ती बुचे एका लहानशा नळकांड्यात (नकाशे, फोटो अगर कॅलेंडर पाठविण्याकरिता वापरतात तसल्या) बसवावी. हे नळकांडे उभ्या पट्टीच्या वरच्या बाजूस

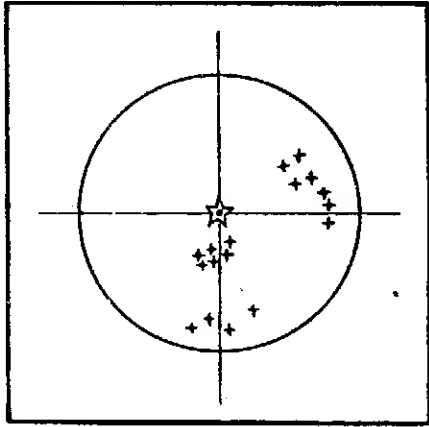


बसवावे. हे आरशापासून त्याच्या केंद्रांतराइतक्या अंतरावर असावे. नळकांड्यातील भिंगाचा नेत्रभिंग (आय-पीस) म्हणून उपयोग होईल.

३. एक बिनचूक परावर्तक दुर्बीण तयार करणे.

आरसा घासून त्याचे परीक्षण करण्याच्या बारकाईच्या कृतीच्या वर्णनाचा समावेश या पुस्तकात करता येणार नाही, कारण सदर माहिती या पुस्तकाच्या आवाक्याबाहेरची आहे. तथापि काही शिक्षकांना हुशार विद्यार्थ्यांची मदत घेऊन एक उत्तम दुर्बीण तयार करता येईल. त्याकरिता 'अमेच्युअर टेलिस्कोप मेकिंग' (प्रकाशक - दि सायंटिफिक अमेरिकन पब्लिशिंग कंपनी : न्यू यॉर्क सिटी, एन. वाय., यू. एस. ए.) या पुस्तकाचा चांगला उपयोग होईल.

४. प्रमुख नक्षत्रसमूह ओळखणे व तारकांचा नकाशा तयार करणे.



हे काम मुलांनी घरी करण्याचे आहे. विशेषतः अमावस्येच्या दिवशी हे काम जास्त सुलभ रीतीने करता येईल. कारण या दिवशी चंद्रप्रकाश बिलकूल नसल्यामुळे सर्व तारे जास्त स्पष्ट दिसू शकतात. प्रथम ध्रुव तारा शोधून काढावा. नंतर एक ब्राऊनपेपर घेऊन त्यावर या ताऱ्याची खूण म्हणून टाचणीने एक छिद्र पाडावे. या ताऱ्याभोवती इतर नक्षत्रसमूह जसे दिसत असतील, तशी छिद्रे ब्राऊनपेपरवर करावी. हा कागद उजेडासमोर धरला की, सर्व छिद्रे ताऱ्याप्रमाणे स्पष्ट दिसतील. कागद फिरविला असता त्याच प्रकारचा ताऱ्यांचा समूह आला की तो

ओळखता येईल. ध्रुवतारा मध्य धरून त्याच्याभोवती असणाऱ्या ठळक तारकांचा नकाशा तयार करता येईल.

अशा रीतीने काही नक्षत्रसमूहांचा अभ्यास केल्यानंतर सायंकाळी आकाशात दिसणाऱ्या नक्षत्रसमूहांचा नकाशा व झोपण्यापूर्वी रात्री आकाशात दिसणाऱ्या नक्षत्रसमूहांचा नकाशा तयार करावा. फळ्याचा उपयोग करून नक्षत्रांच्या जागा निश्चित करण्यास शिकता येईल. त्याकरिता फळ्यावर तारे म्हणून अंधारात चकाकणारी (फॉस्फोरेसेंट) बटणे टोचून बसवावी.

५. ताऱ्यांच्या मार्गांचा फोटो घेणे.

मुलांच्याकडे कॅमेरे असतील तर ताऱ्यांच्या मालिकांचे फोटो काढण्याचे काम मुले हीसेने करतील. तो एक मनोरंजक व्यवसाय होईल. आकाश अगदी स्वच्छ आहे अशा एखाद्या अमावस्येच्या दिवशी जेथून क्षितिज अगदी स्पष्ट दिसेल अशी एक जागा निश्चित करा. या जागी मोटारीच्या दिव्यांचा किंवा इतर कसलाही उजेड पडणार नाही अशी काळजी घ्यावी. या ठिकाणी कॅमेरा ध्रुव ताऱ्यांच्या शक्यतो समोर करून तो तिपाईवर किंवा लाकडाच्या ओकळ्यांमध्ये पक्का बसवावा. कॅमेरा लेन्स मागेपुढे करून फोकस लावण्याचा असेल तर अनन्त (इन्फिनिटी) अंतराकरिता लावून ठेवा व भोक (डायफ्रॅम) संपूर्ण उघडे ठेवा. शटरचा पडदा बराच वेळ (म्हणजे एक ते सहा तासांपर्यंत) उघडा ठेवावा लागेल. जितका जास्त वेळ ठेवाल तितका लांब मार्ग (रेषा) मिळेल. अशा तऱ्हेने आकाशागंगेचा फोटो घेण्याचा प्रयत्न करा.

६. नक्षत्रसमूहांचा संग्रह तयार करणे.

वेगवेगळ्या नक्षत्रसमूहांच्या आकृती कळण्याकरिता या साधनाचा चांगला उपयोग होईल. एक कार्डबोर्ड घ्या किंवा एक लाकडी पेटी घेऊन तिची एक बाजू काढून टाका. काळा रंग लावलेले कार्डबोर्डचे तुकडे घेऊन त्यावर वेगवेगळ्या नक्षत्रसमूहांच्या आकृत्या काढा. या आकृतीमध्ये जेथे तारे असतील तेथे छिद्र पाडा. पेटीमध्ये विजेचा दिवा लावून तिच्या उघड्या बाजूवर एकेक तुकडा ठेवा. नक्षत्रसमूह अगदी स्पष्ट दिसतील.

पत्र्याचे डबे वापरूनही हे साधन तयार करता येईल. डब्यांच्या तळाशी नक्षत्रसमूहांतील तारांच्या जागांप्रमाणे छिद्रे पाडावी. डब्यामध्ये विजेचा दिवा ठेवून तो लावावा.

तळाच्या छिद्रामधून उजेड बाहेर येईल व नक्षत्रसमूहांच्या आकृती स्पष्टपणे दिसतील. डबे गंजू नयेत म्हणून ते रंगवावे. त्यामुळे ते बरीच वर्षे टिकतील.

७. छत्रीचा उपयोग करून ग्रहमंडळचक्र (प्लॅनेटारिअम) तयार करणे.

छत्रीचा आकार गोलाकार असतो. त्यामुळे तिचा आतील भाग आकाशाचा घुमट मानता येईल. एक जुनी

मोठी छत्री घ्या. तिच्या आतील बाजूस मध्याच्या थोडे बाजूला उत्तर ध्रुवाची खूण खडूने करा. ताऱ्यांच्या नकाशाचा उपयोग करून नक्षत्रसमूहातील ताऱ्यांच्या जागा फुल्यांनी दाखवा. त्या फुलांच्या ठिकाणी ताऱ्यांच्या आकाराचे कागदाचे तुकडे चिकटवून बसवा किंवा पांढऱ्या रंगाने रंगवा. नंतर नक्षत्रसमूहातील तारे खडूच्या किंवा पांढऱ्या रंगाच्या टिबांच्या रेघांनी एकमेकांशी जोडा.

आ. सूर्य आणि तारे

१. राशिचक्रातील नक्षत्रांचा तक्ता



मेष



वृषभ



मिथुन

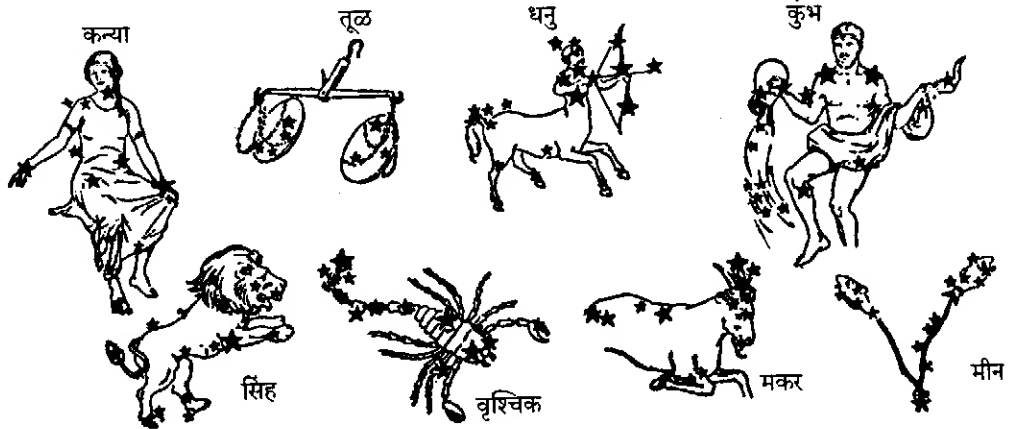


कर्क

राशिचक्रातील नक्षत्रसमूह रविकक्षेमध्ये १६ अंश रुंदीच्या क्रांतिवृत्ताच्या पट्ट्यामध्ये आढळतात. या पट्ट्याचे १२ समान भाग करता येतील. प्रत्येक भाग मध्यबिंदूशी ३०° चा कोन करील. प्रत्येक भागात येणाऱ्या राशिसमूहाला 'राशिभोग' म्हणतात.

वरील प्रत्येक भागामध्ये एक राशी अशा एकूण बारा राशी आहेत. वर्षाच्या प्रत्येक महिन्यामध्ये सूर्य ठरावीक राशीमध्ये उगवतो. उदा., २१ मार्चला सूर्योदयाच्या वेळी मेष रास सूर्याच्या मागे असते, पुढील महिन्यामध्ये सूर्य वृषभ राशीमध्ये येतो, इत्यादी.

मार्च	१ मेष	}	वसंतऋतू
एप्रिल	२ वृषभ		
मे	३ मिथुन	}	ग्रीष्मऋतू
जून	४ कर्क		
जुलै	५ सिंह	}	वर्षाऋतू
ऑगस्ट	६ कन्या		
सप्टेंबर	७ तुला	}	शरदऋतू
ऑक्टोबर	८ वृश्चिक		
नोव्हेंबर	९ धनु	}	हेमंतऋतू
डिसेंबर	१० मकर		
जानेवारी	११ कुंभ	}	शिशिरऋतू
फेब्रुवारी	१२ मीन		



या तक्त्यामध्ये उत्तर गोलार्धातील सर्व नक्षत्रसमूह दाखविले आहेत. तक्त्याभोवती महिने आणि तारखा लिहिलेल्या आहेत. विशिष्ट तारखेच्या समोरील भाग त्या दिवशी मध्यरात्री उत्तरेच्या बाजूस दिसेल. शिवाय त्या तारखेच्या विरुद्ध बाजूस एकंदर तक्त्याच्या ३/४ पेक्षा थोड्या कमी व्यासाचे जेवढे वर्तुळ बसेल तेवढ्या भागातील तारे त्या दिवशी मध्यरात्री आकाशात दिसतील. तक्त्याचा व्यास ११ सें. मी. आहे. तेव्हा एका पारदर्शक कागदाचे ८

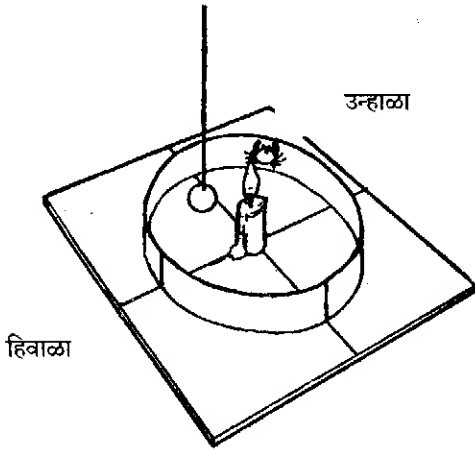
सें. मी. व्यासाचे वर्तुळ कापून घेणे सोईचे होईल. त्यावर दक्षिणोत्तर व्यास काढा व नंतर तो कागद, ठरावीक तारखेच्या दिवशी मध्यरात्री कोणते तारे दिसतील ते कळेल, अशा रीतीने तक्त्यावर ठेवा. कागदावर काढलेला व्यास ध्रुवतारा ओलांडून जाईल व त्या विशिष्ट तारखेच्या समोर येईल असा ठेवावा. या कागदाची कड व तक्त्याची कड यांमध्ये मोकळी जागा राहिल. तसेच ध्रुवतारा कागदाचा मध्यबिंदू व उत्तरेकडील कड यांच्या मध्याला येईल.



बाहेरील वर्तुळ		दुसरे वर्तुळ			
Indus	यम	Telescopium	दुर्बीण	पहिला तारा)	
Grus	बक	Sagittarius	धनु	Lepus	शशक
Phoenix	जटायू	Australis	दक्षिण गोलार्धातील राशी	Canis-Major	बृहत लुब्धक
Sculptor	मूर्तिकाराचे यंत्र	Capri	मकर	Sirius	लुब्धक
Eridanus	यमुना	Piscis	तिमि मीन	Antlia	वाताकर्षक (Pneumatics) यंत्र
Columba	पारावत	Aquarius	कुंभ	Hydra	वासुकी (हृदय)
Puppis	पार्श्व (तारा)	Fomalhaut	मत्स्य	Crater	चषक (विवर)
Malus	मलुस	Cetus	तिमिगिल	Corvus	हस्त
Hydra	वासुकी (हृदय)	Fornax	अशमंत	Spica	चित्रा
Centaurus	अश्वमानव (नरतुरंग)	Eridanus	यमुना	Libra	तूळ
Lupus	वृक	Rigel	आर्द्रा (मृग राशीतील)	Antares	ज्येष्ठा
Scrpio	मूळनक्षत्र (वृश्चिक)			Ophiuchus	भुजंगधारी

Serpens	भुजंग	Procyon	लघु लुब्धकांतील तारा	Algol	ययातीतील तारा, अग्नी
Ecliptic	क्रांतिवृत्त, अयनवृत्त, रविकक्षा	Cancer	पुष्य (कर्क)	Perseus	ययाती
	तिसरे वर्तुळ	Regulus	मघा	Capella	ब्रह्म हृदय
Equeuleus	अश्वमुख	Leo	सिंह	Auriga	सारथी
Delphinus	घनिष्ठा	Leo Minor	लघु सिंह	Castor	पुनर्वसू
Equator	विषुववृत्त	Virgo	कन्या	Pollux	प्लव
Pegasus	उच्चैः श्रवा	Denebola	उत्तरा	Lynx	गवय
Pisces	मीन	Arcturus	स्वाती	Canes	शामसबल
Aries	अश्विनी (मेष)	Bootes	भूतप	Venatici	व्हेनाटिकी
Taurus	वृषभ	Scripens	स्क्रिपेन्स	Ursa Major	सप्तर्षी
Pleiades	कृत्तिका	(cona) Borealis	अरुंधती केश	Hureulus	शौरी
Triangulum	दक्षिण त्रिकोण	Corona (Bor)	उत्तर मुकुट (किरीट)	Vega	अभिजित
Australis	दक्षिण त्रिकोण	Aquillia	गरुड		मध्य वर्तुळ
Orion	मृग (भरत)	Altair	श्रवण	Cepheus	वृषपर्वा
Aldebaran	रोहिणी	Sagitt	शर	Pole star	ध्रुव तारा
Betelgeuse	बेटेलग्युइस		चौथे वर्तुळ	North Pole	उत्तर ध्रुव
Beelgeux	आर्द्रा	Cygnus	हंस	Dubhe	क्रतू
Canis-Minor	लघु लुब्धक	Deneb	सिंह राशीतील तारा	Ursa Minor	ध्रुव मत्स्य (लघुनक्ष)
Gemini	मिथुन	Andromeda	देवयानी	Uraco	उरको
		Cassiopeia	शर्मिष्ठा		

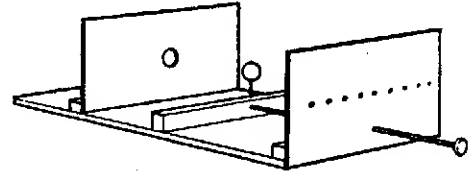
२. सूर्याचा ताऱ्यामधून जाणारा भासमान मार्ग दाखविण्याकरिता वापरावयाचे साधन



६० सें. मी. लांब व ८ सें. मी. रुंद कागदाच्या पट्टीवर राशिभोगातील राशी क्रमाने काढा. राशी आतील बाजूस येतील अशा तऱ्हेने पट्टीची दोन्ही टोके एकमेकांस चिकटवून एक कडे तयार करा. एक कार्डबोर्डचा तुकडा घ्या. त्यावर वरील कडे

१८ सें. मी. व्यासाचे वर्तुळ तयार होईल अशा रीतीने कडेवर उभे करून चिकटवून बसवा. या कड्याच्या मध्यावर पेटवून ठेवलेली आखूडशी मेणबती म्हणजे सूर्य होईल. गुंज किंवा त्यासारखी एखादी वस्तू दोऱ्याला बांधून लोंबकळत ठेवली म्हणजे ती सूर्याभोवती फिरणारी पृथ्वी होईल.

३. ग्रहण कसे दिसते हे दाखविणारे साधन



काळ्या कार्डबोर्डच्या मध्यावर ५ सें. मी. व्यासाचे वर्तुळाकार भोक पाडून त्यामागे एक पांढरा विजेचा दिवा लावला म्हणजे सूर्याची योजना झाली. या भोकाभोवती तांबड्या खड्डे सूर्याचे प्रभामंडळ (कोरोना) दाखवावे. २.५ सें. मी. व्यासाचा लाकडी चेंदू जाड सुईवर आधारून लाकडी फळीवर बसवून ठेवला म्हणजे तो चंद्र होईल. या उपकरणाच्या पुढच्या बाजूस एका ओळीत बरीच छिद्रे पाडलेला पडदा बसवावा. या

ई. पृथ्वीसंबंधीचे प्रयोग

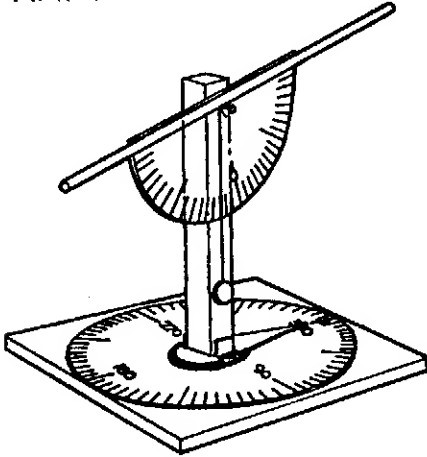
१. पृथ्वीचे परिभ्रमण दर्शविण्याकरिता फोकॉल्ट आंदोलकाचा उपयोग



फोकॉल्ट आंदोलकाकरिता इंग्रजी 'जी' अक्षराच्या आकाराच्या पकडीचा (क्लॅम्प) उपयोग करावा. या पकडीच्या जबड्याच्या वरच्या भागाच्या आतील बाजूस बॉल बेअरिंग डाक देऊन पक्के बसविले म्हणजे तिचा आंदोलकास आधार देण्यास चांगला उपयोग होईल.

जाड ब्लेडवर किंवा कोणत्याही टणक पृष्ठभागाच्या वस्तूवर बॉलबेअरिंग ठेवून आंदोलक टांगून ठेवावा. आंदोलकास गती देऊन सुरुवातीस असणाऱ्या त्याच्या आंदोलनाच्या पातळीची खूण जमिनीवर रेषा ओढून करून ठेवावी. काही तासांनंतर ही आंदोलनाची पातळी बदललेली दिसेल. आंदोलकाच्या गोळ्याखालील पृथ्वीच्या परिभ्रमणामुळे हा बदल होतो.

२. मोजणीदाराचे अंशात्मक अंतर मोजण्याचे साधन किंवा वेधयंत्र

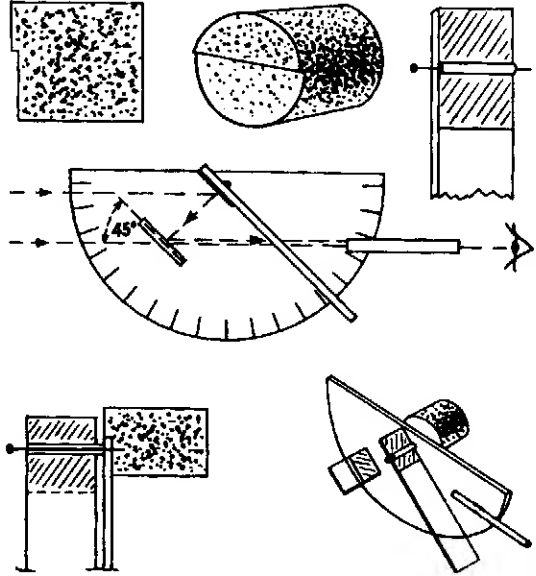


पेय पिण्याची एक गवताची पोकळ नळी घ्या. ही काडी कोनमापकाच्या तळच्या कडेला मेणाने किंवा डिकाने चिकटवून एक साधी दुर्बीण किंवा वेधयंत्र तयार करता येईल.

आकृतीत दाखविल्याप्रमाणे उपकरणाची रचना करावी. उभ्या पट्टीच्या वरच्या बाजूस असलेल्या स्कूला ओळंबा टांगून ठेवावा म्हणजे त्याच्या साहाय्याने पट्टी बरोबर ओळंब्यात उभी आहे किंवा नाही हे पाहता येईल आणि आकाशातील तान्याचा किंवा कोणत्याही वस्तूचा क्षितिजपातळीशी होणारा कोन मोजता येईल.

तळाच्या फळीवर स्कूच्या साहाय्याने सळई बसवून तिच्या साहाय्याने तान्याचे अक्षांश व रेखांश मोजता येतील. मध्यभागी भोके असलेल्या नाण्यांचा वॉशर म्हणून उपयोग होईल. सळईला पत्र्याचा तिकोनी तुकडा जोडून त्याचा उपयोग कोन मोजण्यास होईल. त्याकरिता तळच्या फळीवर कोनाच्या खुणा केलेला तक्ता बसवावा. अशा साध्या उपकरणाच्या साहाय्यानेच खगोलशास्त्रासंबंधीचे महत्त्वाचे शोध लावलेले आहेत.

३. कोनीय अंतर मोजण्याचे यंत्र (सेक्सटंट)

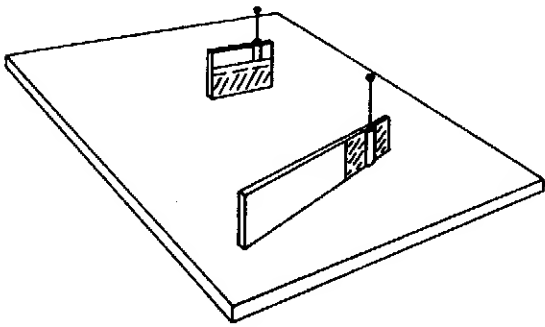


बूच, डिक, काचेची नळी, लाख इत्यादी वस्तू वापरून हे यंत्र तयार करता येईल.

बुचाच्या एका बाजूचा भाग कापून काढावा व तेथे बुचाच्या व्यासाला कोनमापकाची कड समांतर राहिल अशा तऱ्हेने कोनमापक बसवावा. कोनमापकाच्या मध्यावर एक बळकट टाचणी खोचून घट्ट बसवावी. ही टाचणी बसू शकेल असा एका काचेच्या नळीचा तुकडा (जरूर तर तापवून मऊ झाल्यावर ओढून तयार केलेला) घ्यावा. या नळीला आरशाची पट्टी बसवून ती फिरती ठेवावी. ही आरशाची पट्टी १ सें. मी. रुंद व ७ सें. मी. लांब अशी ठेवावी व तिच्या कडेचा फक्त १ सें. मी. लांबीचा भाग आरशाचा ठेवावा व उरलेल्या पट्टीवरील रुपेरी आरशाचा भाग खरवडून काच स्वच्छ, पारदर्शक करावी. नळीमुळे आरसा फिरता ठेवण्यास मदत होईल व काचेची पट्टी कोनमापकावर केलेल्या खुणांवरून फिरत असल्यामुळे आरसा किती अंशांतून फिरला हे कळेल.

आकृतीत दाखविल्याप्रमाणे, कोनमापकावर तापविलेल्या तारेने किंवा सुईने एक खाच पाडावी. ही खाच उभ्या रेषेशी ४५ अंशाचा कोन करणारी असावी. या खाचेमध्ये एक आरसा पक्का बसवावा. या आरशाच्या समोरच्या कडेला कोनमापकाच्या पायाला समांतर अशी एक पेय पिण्याची अगर काचेची नळी मेणाने पक्की बसवावी. पक्का बसविलेल्या आरशाच्या निम्म्या भागावरील पारा काढून टाकावा म्हणजे नळीतून त्याकडे पाहिले असता क्षितिज दिसू शकेल.

सुरुवातीला बुचाच्या साहाय्याने उपकरण उजव्या हातात धरावे. नंतर काचेच्या नळीतून पाहिले असता पक्क्या बसवलेल्या आरशाच्या पारा लावलेल्या भागात दिसणारे क्षितिज व साध्या काचेच्या भागात दिसणारे क्षितिज सरळ रेषेत येईल अशा तऱ्हेने फिरती नळी फिरवून तिची जागा निश्चित करावी. ज्या खुणेवर ही नळी स्थिर



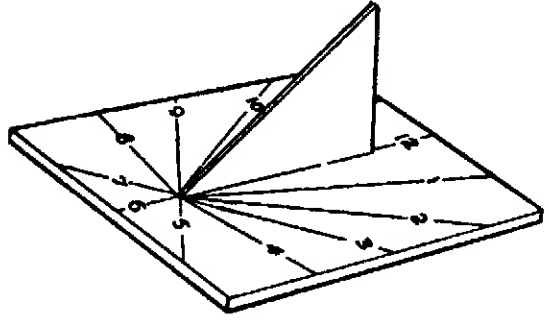
होईल तेथील कोन नोंदवून ठेवावा.

आता ही नळी अशी फिरवावी की, पक्क्या आरशाच्या साध्या काचेत दिसणाऱ्या क्षितिजावर पारा लावलेल्या आरशाच्या भागात दिसणारा सूर्य किंवा दुसरी कोणतीही वस्तू येईल.

सूर्याच्या उन्नतांशाच्या (अल्टिट्यूड) निम्म्या अंशामधून नळी फिरलेली दिसून येईल. सूर्य फार प्रखर असेल तर काजळी लावलेली काच किंवा जिलेटिनचा कागद वापरावा.

ड्राईंगच्या बोर्डवर काचेच्या लहान नळ्यांमधून मोठ्या टाचण्या पक्क्या बसवाव्या. यांच्या आधाराने लहान आरसे बोर्डवर लंबरूपाने बसवावे. या आरशाच्या साहाय्याने वरील उपकरणातील आरशामधून येणाऱ्या प्रकाशकिरणांचा मार्ग निश्चित करता येईल. त्याकरिता आणखी काही टाचण्यांचा उपयोग करावा.

४. छायायंत्र तयार करणे.

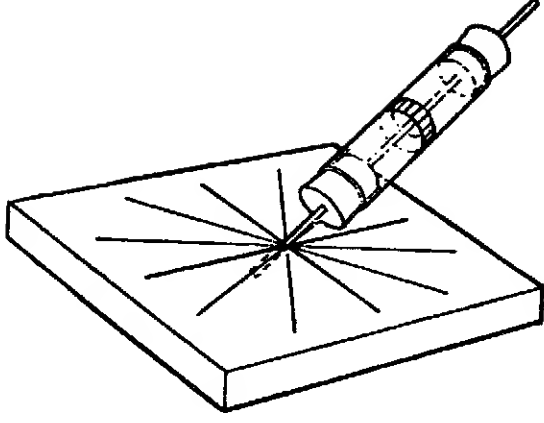


निरनिराळ्या ऋतूमधील उघड्यावरील हवेचा परिणाम होऊ नये म्हणून छायायंत्र धातूचे किंवा रंग लावलेल्या लाकडाचे तयार करतात. साध्या प्रयोगाकरिता कार्डबोर्डचे उपकरण तयार करण्यास हरकत नाही.

याकरिता छाया टाकणारा उभा तक्ता काटकोन-त्रिकोणाकृती असतो. त्याच्या पायाजवळचा कोन ज्या ठिकाणी हे उपकरण वापरावयाचे असेल त्याच्या अक्षांशाइतका असला पाहिजे.

एका लाकडी सपाट फळीवर ही तिकोनी तबकडी अशी बसवावी की, तिचा कर्ण उत्तर ध्रुवाच्या रेषेत राहिल. नंतर आकृतीत दाखविल्याप्रमाणे सपाट फळीवर तासाच्या खुणा कराव्या.

४ सें. मी. व्यासाची काचेची नळी वापरून एक वेगळ्या प्रकारचे छायायंत्र तयार करता येईल.



या ठिकाणी तिकोनी तबकडीच्याऐवजी एक बळकट विणण्याची सुई वापरावी. ती योग्य तो कोन करून बसविली पाहिजे. काचेच्या नळीभोवती कागदाची पट्टी चिकटवून तिचे २४ समान भाग केलेले आहेत. खालील फळीवर पडलेल्या सुईच्या सावलीमुळे तासाची नोंद होईल. बुचांचा उपयोग करून काचेची नळी बरोबर बसविता येईल.

५. पृथ्वी आणि चंद्राचा साधा नमुना

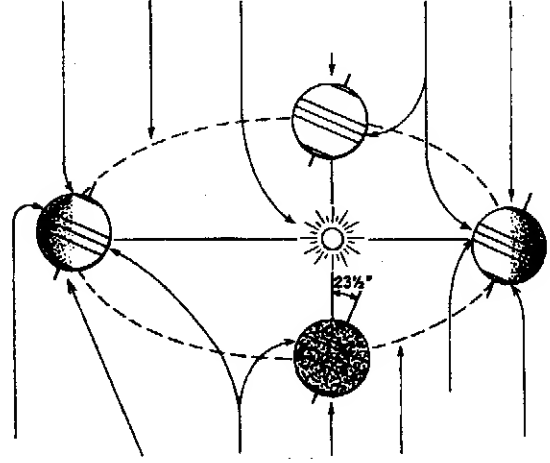
बांबूच्या काडीमध्ये किंवा सळईमध्ये नारिंग किंवा एखादी वाटोळी वस्तू बसवली म्हणजे ती पृथ्वी होईल. एका दांड्यामध्ये वाकवलेल्या तारेचा तुकडा किंवा सुई बसवून तीवर लहानशी गोटी बसवली म्हणजे तो चंद्र होईल. सूर्य म्हणून मध्यावर एक दिवा लावून ठेवावा. वरील साहित्य घेऊन दिव्याभोवती वर्तुळाकार फिरले असता. चंद्राच्या कला, पृथ्वीचे सूर्याभोवती फिरणे व ग्रहणे यांची स्पष्ट कल्पना विद्यार्थ्यांना देता येईल.

६. ऋतू कसे होतात याचे प्रात्यक्षिक

एक पोकळ रबरी चेंडू (उदा., टेनिसचा चेंडू) पृथ्वी म्हणून उपयोगात आणा. या चेंडूमध्ये १५ सें. मी. लांबीची तार किंवा सुई खुपसून बसवा. तो पृथ्वीचा आस होईल. एका कार्डबोर्डच्या तुकड्यावर सुमारे ४० सें. मी. व्यासाचे एक वर्तुळ काढा. हे वर्तुळ फिरण्याची कक्षा होय. या वर्तुळाच्या चार बाजूंना उत्तर, दक्षिण, पूर्व आणि पश्चिम अशी नावे द्या. कार्डबोर्डच्या मध्यापासून वर सुमारे १५ सें. मी. अंतरावर एक विजेचा टांगता दिवा ठेवा. तो सूर्य होईल. दिव्याऐवजी पेटविलेली मेणबत्तीही वापरता येईल. रबरी चेंडू म्हणजेच पृथ्वी, वरील चार ठिकाणी कक्षा आणि

आस यांमध्ये २३.५ अंशाचा कोन करून धरा. चेंडूचा कोणता भाग प्रकाशित झालेला आहे ते पहा. याबरोबरच सूर्यापासून येणारे किरण कोणत्या भागावर लंबरूप पडतात ते पहा. तसेच चारही ठिकाणी पृथ्वीच्या कोणत्या गोलार्धावर सूर्याचे तिरपे किरण पडतात त्याचे निरीक्षण करा.

चेंडूत खुपसलेल्या सुईचा कार्डबोर्डशी ९० अंशाचा कोन करून तो चार ठिकाणी धरा. त्यामुळे सूर्याचे किरण



चेंडूवर (पृथ्वीवर) कसे पडतात याचे निरीक्षण करून पृथ्वीचा कणा कलता नसता तर काय परिणाम दिसून आला असता यासंबंधी निष्कर्ष काढा.

७. काही ठिकाणी दिवस आणि रात्र लहान मोठी का होतात याची कारणे शोधण्याकरिता प्रात्यक्षिक वरील सहाव्या प्रयोगात वापरलेल्या उपकरणाचाच उपयोग करा. चेंडूच्या मध्यावर त्याच्याभोवती एक रेषा काढा. ही रेषा म्हणजे विषुववृत्त होईल. या रेषेवर दक्षिण व उत्तर गोलार्धांमध्ये काही खुणा करा. या खुणा म्हणजे त्या गोलार्धांमधील शहरे होत. वरीलप्रमाणेच चार ठिकाणी चेंडू धरा. मात्र या वेळी हा चेंडू कण्याभोवती फिरता राहिल अशी व्यवस्था करा. त्यामुळे तुम्ही केलेल्या खुणा (शहरे) उजेडात किती वेळ राहतात व छायेत किती वेळ राहतात याचे निरीक्षण करा. तसेच प्रत्येक ध्रुव सहा महिने उजेडात व सहा महिने अंधारात केव्हा राहतो तेही पाहून ठेवा.

८. सूर्यापासून येणाऱ्या किरणांच्या कोनामध्ये बदल झाला तर त्यामुळे पृथ्वीस मिळणारा उजेड व उष्णता

यांच्या प्रमाणात फरक पडतो याचा पडताळा पाहणे.

एक कार्डबोर्डचा तुकडा वाकवून २ सें. मी. चौरसाकृती छेद असलेली ३२ सें. मी. लांबीची एक नळी तयार करा. एक खूप जाड कार्डबोर्डचा तुकडा घेऊन त्यापासून २३ सें. मी. लांब व २ सें. मी. रुंद अशी एक पट्टी कापून घ्या. ही पट्टी नळीच्या एका बाजूला तोंडापासून १५ सें. मी. बाहेर ठेवून चिकटवा. पट्टीचे बाहेरचे टोक टेबलावर ठेवून नळी टेबलाच्या पृष्ठभागाशी सुमारे २५ अंशाचा कोन करून धरा. नळीच्या वरच्या तोंडाशी दिवा किंवा पेटविलेली मेणबत्ती धरा व नळीतून येणाऱ्या उजेडामुळे टेबलावरील प्रकाशित झालेल्या भागास खूण करून ठेवा. नळी सुमारे १५ अंशाचा कोन करून धरा व हाच प्रयोग करा. तसेच सरळ उभी धरून वरीलप्रमाणेच प्रकाशित झालेल्या भागास खूण करा. तिन्ही वेळा किती भाग प्रकाशित होतो याचा तुलनात्मक अभ्यास करा. प्रकाशकिरण तिरपे झाले असता उजेड व उष्णता जास्त मिळतात, का लंबरूपाने आले असता

जास्त मिळतात याचा विचार करा.

९. सावली मोजण्याची काठी तयार करणे.

शाळेच्या मोकळ्या मैदानावर १३० सें. मी. लांबीची काठी जमिनीमध्ये उभी पुरून ठेवा. वर्षाच्या सर्व ऋतूंमध्ये दिवसातून २-३ वेळा काठीच्या सावलीच्या लांबीची नोंद विद्यार्थ्यांना करण्यास सांगावी.

१०. दर दिवशी ठरावीक वेळी सूर्यकिरणांच्या पतनकोनात होणाऱ्या बदलांचे निरीक्षण करणे.

एका कागदावर किंवा कार्डबोर्डवर एक सें. मी. मापाचे भोक पाडा. या भोकावर सूर्यकिरण पडून ते वर्गामध्ये जमिनीवर किंवा टेबलावर ठेवलेल्या कागदावर पडतील अशा बेताने भोक पाडलेला कागद दक्षिणायणात दक्षिणेकडील व उत्तरायणात उत्तरेकडील खिडकीला लावून ठेवा. कागदावरील जेवढ्या भागावर प्रकाशकिरण पडले असतील, तेवढ्या भागास खूण करून ठेवा. त्या ठिकाणी तारखेची व वेळेची नोंद करा. दररोज त्याच ठरावीक वेळी निरीक्षण करून वरीलप्रमाणेच नोंद करा.

उ. चंद्रासंबंधीचे प्रयोग

१. चंद्राच्या पृष्ठभागाचे निरीक्षण करणे.

याच प्रकरणातील 'अ' विभागाच्या दुसऱ्या आकड्यात वर्णन केलेल्या दुर्बिणीचा किंवा बायनांक्युलरचा उपयोग करून चंद्राच्या पृष्ठभागाचे निरीक्षण करा. या पृष्ठभागावर ज्वालामुखीची तोंडे किंवा पर्वत दिसतात का पहा.

२. चंद्राच्या कलांचे निरीक्षण

संबंध चांद्रमासामध्ये विद्यार्थ्यांना रोज रात्री चंद्राचे निरीक्षण करून त्याची आकृती काढून ठेवण्यास सांगावे. शुद्ध प्रतिपदेपासून सुरुवात करून चंद्र कलेकलेने कसा वाढत जातो व कमी होत जातो याचा अभ्यास करण्यास सांगावे.

३. चंद्राच्या कला दिसण्याच्या कारणासंबंधीचे प्रात्यक्षिक

अंधाऱ्या खोलीमध्ये टेबलावर एक पेटविलेली मेणबत्ती किंवा विजेचा दिवा लावून ठेवा. सुमारे ८ सें. मी. मापाचा रबरी चेंडू पांढऱ्या रंगाने रंगवा. दिव्याकडे पाठ करून एक हात सरळ लांब करून त्यामध्ये वरील चेंडू धरा. चेंडूवर दिव्याचा उजेड पडेल इतका हात डोक्याच्या वर उचला.

चेंडूचा किती भाग प्रकाशित होतो ते पहा. ह्या स्थितीतील चेंडू म्हणजे पौर्णिमेचा पूर्ण चंद्र होय. आता चेंडू हातामध्ये तसाच वर ठेवून स्वतःभोवती हळूहळू फिरा. पूर्णपेरी होईपर्यंत चेंडूच्या प्रकाशित भागामध्ये बदल कसा होत जातो त्याचे निरीक्षण करा. चंद्राच्या विविध कला दिसतात का पहा. पुन्हा फिरण्यास सुरुवात करा. मात्र दर वेळी एक अष्टमांश फेरा झाला म्हणजे थांबा व चेंडूच्या (चंद्राच्या) प्रकाशित झालेल्या भागाची आकृती कोणाला तरी काढण्यास सांगा.

४. चंद्राच्या ग्रहणाचे प्रात्यक्षिक

एका अंधाऱ्या खोलीत पेटविलेली मेणबत्ती किंवा बॅटरीचा दिवा सूर्य म्हणून उपयोगात आणा. पृथ्वी म्हणून एक ८ सें. मी. मापाचा रबरी चेंडू एका हातात धरा. दुसऱ्या हातात २ सें. मी. मापाचा चेंडू चंद्र म्हणून धरा. पृथ्वी दर्शविणारा चेंडू दिव्याच्या उजेडामध्ये धरून पृथ्वीची छाया कशी पडते याचे निरीक्षण करा. या पृथ्वीच्या छायेमधून लहान चेंडू म्हणजे चंद्र हळूहळू न्या. छायेमधून जाईपर्यंत चंद्र ग्रहणावस्थेत राहील.

हवा आणि तिचा दाब यासंबंधीचे प्रयोग व साहित्य

मनुष्याच्या जीवनास हवेची अत्यंत जरूरी आहे. या हवेच्या अथांग सागराच्या तळाशी आपण राहतो. मानव आपल्या दैनंदिन जीवनामध्ये हवेच्या दाबाचा उपयोग हरघडी करून घेत असतो. तेव्हा हवा आणि हवेचा दाब यांचा अभ्यास प्रत्येक मुलामुलीने केला पाहिजे.

अ. हवा कोणकोणत्या ठिकाणी असू शकते ते दाखविणे.

१. एक अरुंद तोंड असलेली बाटली पाण्यामध्ये उलटी करून बुडवा. नंतर बाटली तिरपी करून तिचे तोंड हळूहळू पाण्याच्या पृष्ठभागाकडे करा. काय दिसून येते त्याचे निरीक्षण करा. बाटली अगदी रिकामी होती का?

२. एका भांड्यात पाणी घेऊन त्यामध्ये मूठभर माती टाका. मातीमध्ये हवेचे अस्तित्व दाखविणारे काही घडते का पहा.

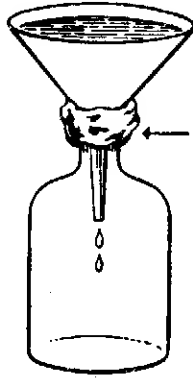
३. एका मोठ्या भांड्यातील पाण्यामध्ये एक वीट

सोडा. विटेतील छिद्रांमध्ये हवा असल्याचा काही पुरावा मिळतो का पहा.

४. एक काचेचा पेला पाण्याने भरा व त्याचे निरीक्षण करून ठेवा. हा पेला काही तास उबदार ठिकाणी ठेवा. (काही वेळ उन्हात ठेवला तरी चालेल) त्यानंतर पुन्हा निरीक्षण करून काही फरक आढळतो का पहा. पाण्यात हवा असल्यासंबंधी काही पुरावा मिळतो का?

आ. हवा जागा व्यापते हे दाखविणे.

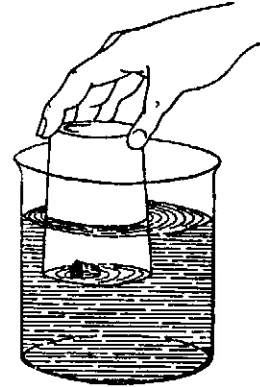
१. एक बाटली घेऊन तिच्या तोंडामध्ये एक नरसाळे ठेवा. नरसाळे बाटलीला टेकलेल्या भागाभोवती चिकणमातीचा थर पक्का बसवा. नरसाळ्यामध्ये हळूहळू पाणी ओता व काय होते ते पहा. यावरून हवेसंबंधी कोणता निष्कर्ष काढाल?



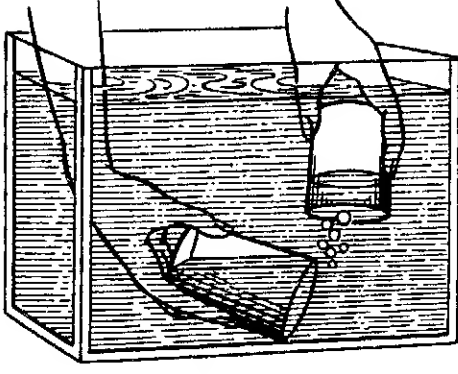
२. वरीलप्रमाणेच प्रयोग करून पाणी नरसाळ्याच्या अगदी वरपर्यंत ओता. नंतर एका खिळ्याच्या साहाय्याने चिकणमातीमधून बाटलीच्या आतील भागापर्यंत एक छिद्र पाडा. कोणता परिणाम दिसून येतो? त्याचे कारण शोधून काढा.

३. एक काचेचे भांडे पाण्याने निम्मे भरून त्यावर एक बूच तरंगत ठेवा. एक पाणी पिण्याचा ग्लास बुचावर उलटा

धरून तो हळूहळू खाली न्या. काय आढळते? ग्लासाच्या तळाशी एक कागद बसवून हा प्रयोग पुन्हा करा. कागद ओला होतो का पहा.

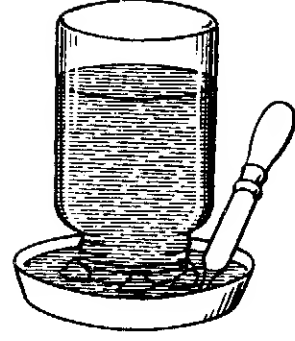


४. काचेच्या एका मोठ्या भांड्यांत वरपर्यंत पाणी भरा. त्यामध्ये एक पाणी पिण्याचा काचेचा पेला उलटा करून बुडवा व हाताने धरून ठेवा. दुसऱ्या हातात आणखी एक काचेचा पेला घेऊन तो पाण्यात बुडवा व तिरपा करून पाण्याने भरा. पहिला पेला उलटाच ठेवून त्याच्यावर दुसरा पेला धरा. आता पहिला पेला हळूहळू कलता करून त्यातील हवा दुसऱ्या पेल्यात जाऊ द्या व तो पूर्णपणे हवेने भरू द्या. यावरून हवेसंबंधी कोणता निष्कर्ष काढाल?



५. वरीलप्रमाणेच काचेचे मोठे भांडे घेऊन त्यात पाणी भरा. एक उंच काचेचा पेला पाण्याने भरून तो या भांड्यामध्ये उपडा ठेवा. या पेलाच्या तोंडाखाली रबरी नळीचे किंवा पेय पिण्याच्या गवताच्या नळीचे एक टोक ठेऊन दुसरे टोक पाण्याबाहेर आणून ते तोंडात धरा. या नळीमधून हळूहळू फुंका. काय होते ते पहा. त्यावरून हवेसंबंधी काय निष्कर्ष काढाल?

६. एका पसरट भांड्यात पाणी घ्या. एक उंच काचेची बरणी घेऊन ती पाण्याने काठोकाठ भरा. तिच्या तोंडावर झाकण ठेवून ती पसरट भांड्यातील पाण्यामध्ये उलटी



करून ठेवा. नंतर झाकण हळूच काढून टाका. एक शाईभरणी घ्या. तिचे टोक बरणी थोडीशी वर उचलून तेथे बसवा. शाईभरणीचा रबरी फुगा हळूहळू दाबा. अशी क्रिया बरेच वेळा करा. दिसणाऱ्या परिणामावरून हवेसंबंधी काय निष्कर्ष काढाल?

७. एक बाटली घ्या. तिला घट्ट बसणारे एक बूच घ्या. बाटलीमध्ये हवेचा एक लहानसा बुडबुडा राहिल इतके पाणी तीमध्ये भरा व तिचे बूच घट्ट बसवा. बाटली आडवी करा व बुचावर दाब देऊन आतील हवेचा बुडबुडा नाहीसा करण्याचा प्रयत्न करा. काय दिसून येते? यावरून हवेसंबंधी कोणती माहिती मिळते?

इ. हवेस वजन आहे हे दाखविणे.

१. एक मीटर किंवा एक यार्ड लांबीची एक सळई किंवा पट्टी घेऊन तिच्या बरोबर मध्यावर एक बारीक खिळा बसवा. दोन काचेच्या पेलांच्या काठावर खिळ्याला आधार देऊन पट्टी अर्धातरी ठेवा. पट्टीच्या एका टोकास वजन अडकवण्याकरिता तीवर तारेचा एक आकडा (रायडर) बसवा. एक आकडा मागे-पुढे सरकवून पट्टी समतोल राहिल अशी व्यवस्था करा. पट्टीच्या एका टोकाला रबरी फुगा व एक रबरी बंद टांगून ठेवा. त्याच वेळी दुसऱ्या टोकाला एवढे वजन अडकवा की, त्यामुळे फुगा तोलला

जाऊन पट्टी पुन्हा समतोल राहिल. फुगा आणि वजन टांगलेल्या ठिकाणी पट्टीवर खुणा करा. आता फुगा काढून घ्या व तो हवेने भरून रबरी बंदाने बांधून टाका. हा फुगा आणि वजन पट्टीवर खुणा केलेल्या ठिकाणी पुन्हा अडकवा. काय परिणाम दिसून येतो? हवेच्या वजनासंबंधी काय म्हणता येईल?

वरील प्रयोग फुटबॉल किंवा बास्केटबॉलच्या चेंडूतील ब्लँडर किंवा सायकल अगर मोटारच्या टायरमधील ट्यूब वापरूनही करता येईल.

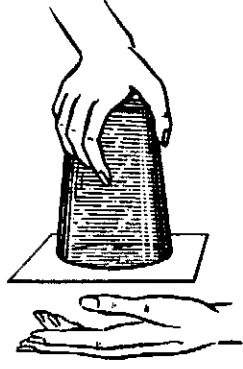
ई. हवेला दाब आहे हे दाखविणे

१. पाणी पिण्याचा काचेचा पेला पाण्याने काठोकाठ भरा. त्यावर कार्डबोर्डचा तुकडा हाताने धरून पेला उलटा करा. कार्डबोर्डवरील हात काढून घ्या.

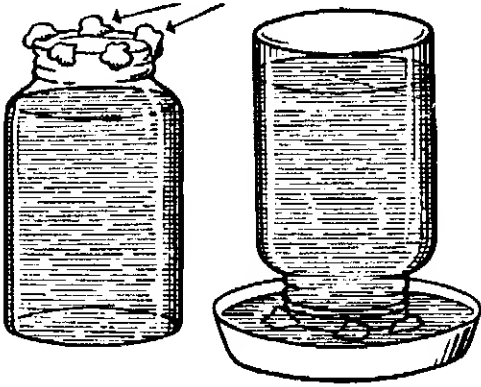
हाच उलटा केलेला पेला गुळगुळीत पृष्ठभाग असलेल्या टेबलावर ठेवा व कार्डबोर्डच्या तुकड्यावरून टेबलाच्या

पृष्ठभागावर सरकवत आणा. या पृष्ठभागावरच पेला हळूहळू सरकवत न्या.

टेबलावर पाणी न सांडता हा पेला मोकळा करण्याचा मार्ग सुचवा. या प्रयोगावरून हवेच्या दाबासंबंधी कोणती माहिती मिळेल?

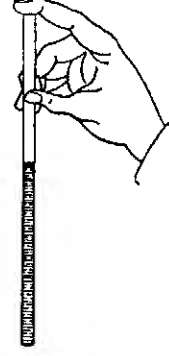


२. एक उभट काचेची बरणी घेऊन तिच्या काठावर चिकणमातीचे गोळे ठेवा. बरणी पाण्याने भरून तिच्या काठावरील चिकणमातीवर एक पसरट थाळी ठेवा. बरणी व थाळी उलटी करून ठेवा. कोंबडीच्या पिलांना पाणी पिण्याकरिता या उपकरणाचा (पाण्याचे कारंजे) उपयोग होईल. बरणीतील पाणी खाली का पडत नाही? थाळीतून थोडे पाणी काढून टाका. काय परिणाम दिसून येतो? का?



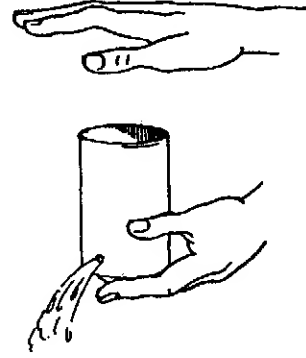
३. सुमारे ५ सें. मी. रुंद व ६० सें. मी. लांब असा एक पातळ कार्डबोर्ड घ्या. त्याचा २५ सें. मी. भाग कडेच्या बाहेर राहिल अशा रीतीने टेबलावर ठेवा. टेबलावर असलेला भाग पूर्ण झाकला जाईल अशा रीतीने त्यावर एक वर्तमानपत्राचा कागद पसरून ठेवा. हा कागद मध्यापासून कडेपर्यंत हाताने दाबत न्या. त्यामुळे त्याखालील हवा निघून जाईल. ही क्रिया चांगली झाली तरच प्रयोग यशस्वी होईल. आता टेबलाच्या बाहेर आलेल्या कार्डबोर्डच्या टोकावर काठीने फटकारा मारा. होणाऱ्या परिणामाचे निरीक्षण करा. निष्कर्ष काय?

४. एका काचेच्या सरळ नळीच्या किंवा पेय पिण्याच्या गवताच्या काडीच्या एका टोकावर बोट ठेवा व ती रंगीत



पाणी असलेल्या भांड्यात बुडवा. नंतर बोट बाजूला करा व काय होते पहा. नळीवर पुन्हा बोट ठेवा व ती बाहेर काढा. काय होते? का? निष्कर्ष काय काढाल?

५. एका पत्र्याच्या डब्याच्या तळाजवळ खिळ्याने एक भोक पाडा. डबा पाण्याने भरा व त्याच्या तोंडावर तळहात धरा. भोकामधून पाणी बाहेर येण्याचे थांबेल. तळहात



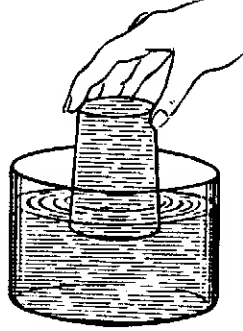
बाजूला करा. पाणी बाहेर येऊ लागेल. यावरून निष्कर्ष काय काढाल?

६. एक काचेचा उभट पेल्ला किंवा बरणी घ्या. एका कागदाचा चोळामोळा करून तो पेटवा व बाटलीत टाका. ताबडतोब बाटलीच्या तोंडावर रबरी फुगा ताणून बसवा किंवा रबराचा पातळ तक्ता आणून धरा. काय दिसून येते? त्याचे कारण शोधून काढा?

७. एक अंडे दहा मिनिटे किंवा ते कठीण होईपर्यंत उकळवा. त्याचे वरचे टरफल काढून टाका. अंड्याचा पांढरा कठीण भाग न फुटता ते आत सरकू शकेल एवढ्या तोंडाची एक बाटली घ्या. एक काट किंवा लीटर मापाची

बाटली उपयोगी पडेल. एक कागदाचा बोळा करून पेटवा व बाटलीत टाका. ताबडतोब बाटलीच्या तोंडावर निमुळता भाग आत करून अडे ठेवा. परिणामांचे निरीक्षण करा. त्याचे कारण काय असेल? अंडे काढण्याकरिता बाटली उलटी करा. बाटलीच्या तोंडामध्ये निमुळता भाग खाली करून अंडे ठेवा. आता बाटलीमध्ये जोराने फुंका व काय होते ते पहा.

८. एका मोठ्या भांड्यात पाणी घेऊन त्यात पाण्याचा ग्लास बुडवा. तो पाण्याने पूर्णपणे भरला म्हणजे उपडा करा. भांड्यातील पाण्याच्या पृष्ठभागापर्यंत उचला. ग्लास जवळजवळ पाण्याच्या बाहेर येईल इतका धरा.



ग्लासमधील पाणी बाहेर का पडत नाही?

९. अर्धगोलाकृती पोकळ रबरी चेंडू (मधोमध कापून दोन भाग केलेला) घ्या. त्याच्या तळाची कड ओली करून तो एखाद्या सपाट पृष्ठभागावर उदा., स्टुलाचा पृष्ठभाग दाबून बसवा. चेंडूचा वरचा भाग उचलून स्टुल उचलणे शक्य आहे का पहा. त्याचे कारण काय असेल?

१०. वरीलप्रमाणेच चेंडूचे दोन भाग घेऊन त्यांच्या कडा ओल्या करा. या कडा एकमेकांस जुळवून दाबा व नंतर दोन्ही वेगळे करण्याचा प्रयत्न करा. वेगळे करणे कठीण जाते. कारण काय असेल? मॅगडेबर्गचा अर्धगोलांचा प्रयोग अशाच प्रकारचा होता.

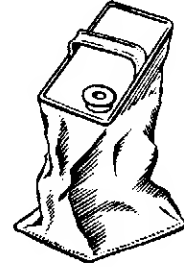
११. एक रबरी फुगा तोंडात धरून त्यात थोडी हवा भरा. फुगा टेबलावर टेकवा आणि त्याच्या दोन्ही बाजूंना दोन चहाचे पेले दाबून धरा. नंतर फुगात आणखी हवा भरून त्याचे तोंड बंद करा. आता फुगा वर उचलण्यास सुरुवात करा. प्रयोग काळजीपूर्वक केला तर दोन्ही पेले फुगाबरोबर वर उचलले जातील. पेले फुगाला चिकटून का राहतात?

१२. पाणी पिण्याचे दोन जाड काचेचे पेले घ्या. एका

पेल्याला ओलसर टीपकागदाची गळपट्टी बसवून तो टेबलावर ठेवा. आता एक कागदाचा बोळा करून तो पेटवा व या पेल्यामध्ये टाका. ताबडतोब दुसरा पेला पहिल्या पेल्यावर उलटा ठेवा. टीपकागदाच्या गळपट्टीवर दाबून धरा. थोड्या वेळाने वरचा पेला उचलून त्या बरोबरच खालचा पेला उचलला जातो का पहा. कारण सांगा.

१३. पाणी पिण्याचे दोन जाड काचेचे पेले घ्या. प्रत्येकात पाणी भरा. एका पेल्यावर कागद बसवून तो दुसऱ्या पेल्यावर उलटा करून ठेवा. दोन्ही पेल्यांच्या कडा एकमेकांवर बरोबर असाव्यात. आता कागद काढून घ्या. काय होते ते पहा. कारण सांगा.

१४. फिरकीचे (स्कूचे) झाकण असलेल्या एका पत्र्याच्या डब्यामध्ये ३ सें. मी. उंचीपर्यंत पाणी घाला. त्याचे तोंड उघडे ठेवून तो डबा स्टोव्हवर ठेवा आणि आतील पाणी तापून वाफ बाहेर येईपर्यंत तापवा. ताबडतोब डबा बाजूला करा व त्याचे तोंड फिरकीचे झाकण फिरवून पक्के बंद करा. डबा बराच वेळ तसाच ठेवा व काय परिणाम दिसून येतो त्याचे निरीक्षण करा. याच डब्यावर थंड पाणी ओतले किंवा डबा थंड पाण्यात बुडवला तर परिणाम



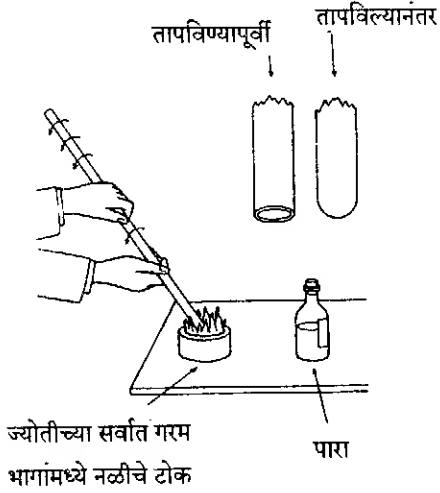
ताबडतोब झालेला दिसून येईल.

१५. निरूपयोगी झालेला काचेचा बल्ब घ्या. त्याचे पितळी आवरण काढण्याकरिता तो गॅसच्या किंवा स्पिरिटच्या दिव्याच्या ज्योतीमध्ये धरा. लाखेचा धूर होऊ लागला की पितळी आवरण पकडीने धरून पिरगळा व काढून टाका. आता दिव्याच्या थोडी बाहेर आलेली व सील केलेली काचेची नळी दिसेल. हीमधूनच हवा बाहेर काढून टाकलेली असते. एका भांड्यात रंगीत पाणी घेऊन त्यामध्ये काचेची नळी बुडेल असा बल्ब धरा. नळी पाण्यात असतानाच तिचे टोक पकडीने कापून उडवा. काय होते? त्याचे कारण सांगता येईल का?

उ. हवेचा दाब मोजणे

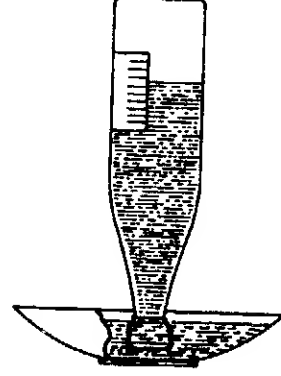
१. पाऱ्याचा साधा वायुभारमापक

सुमारे ८० सें. मी. लांबीची काचेची नळी घेऊन तिचे एक तोंड, गॅसच्या ज्योतीवर धरून तापविले व तापविताना नळी फिरवीत राहिले म्हणजे बंद होते. ही नळी उघडे तोंड वर करून शक्य तितकी सरळ उभी धरा. एका साध्या किंवा लांब नळीच्या नरसाळ्याला (थिसल फनेल) लहानशी रबरी नळी बसवून ते नळीच्या तोंडामध्ये बसवा. नरसाळ्यामधून नळीमध्ये पारा हळूहळू ओतो. हवेचे बुडबुडे मध्येच अडकून राहिले तर नळीतील पारा वरखाली करून हवा काढून टाकता येईल. अशा रीतीने वरच्या टोकाला सुमारे १ सें. मी. जागा मोकळी राहिल इतका पारा नळीत भरा. नरसाले काढून घ्या व नळीतील वरचा मोकळा भाग शाईभरणी वापरून पाऱ्याने भरा. त्यामुळे पारा सांडून फुकट जाणार नाही. नळीच्या तोंडाच्या थोडासा वर पारा आलेला असावा. आता एका बाटलीत किंवा बशीत सुमारे २ सें. मी. उंचीपर्यंत पारा घ्या. नळीच्या तोंडावर बोट ठेवून ती उलटी करा व बशीतील पाऱ्यात बुडवून उभी धरा. तोंड पाऱ्यात असतानाच बोट काढून



घ्या. या नळीस व्यवस्थित आधार देऊन ती उभी केली म्हणजे तिचा उपयोग वायुभारमापक म्हणून होऊ शकेल. बशीतील पाऱ्याच्या पातळीपासून नळीतील पाऱ्याच्या पातळीपर्यंतच्या उंचीवरून हवेचा दाब इंच किंवा सेंटिमीटर मध्ये मोजता येईल.

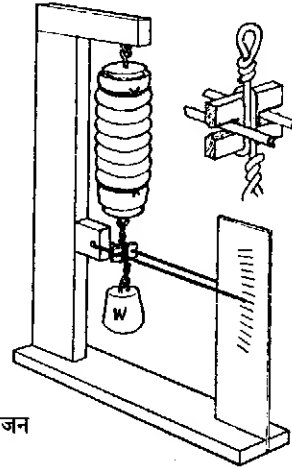
२. बाटलीचा वायुभारमापक



एका काचेच्या बाटलीस बाहेरच्या बाजूला कागदाची पट्टी चिकटवून तीवर खुणा करा. नंतर एका काचेच्या मोठ्या बशीत बरेच पाणी घ्या. बाटली पाण्याने बरीचशी भरून तिचे तोंड हाताने बंद करा. बाटली उलटी करून बशीतील पाण्यात बुडवून सरळ उभी ठेवा व हात बाजूला करा. हवेच्या दाबातील फरकामुळे पाण्याची पातळी कमी-जास्त होईल व त्याची नोंद पट्टीवरील खुणांमुळे केली जाईल. अशा प्रकारच्या उपकरणांची योजना कोंबड्यांना पाणी पिण्याकरिता करतात.

३. निर्वात वायुभारमापक

गॅस मास्कला बसविलेली किंवा सायकलच्या हॅडलच्या मुठींना बसविलेली वळ्या असलेली रबरी नळी वापरून एक साधा निर्वात वायुभारमापक तयार करता

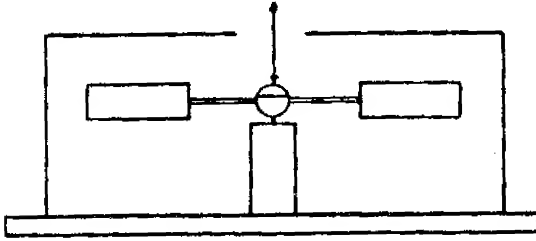


येईल. मात्र, या प्रकारचे उपकरण बिनचूक नसल्यामुळे त्याचा उपयोग करून अचूक मोजमाप करता येणार नाही.

रबरी नळीचा उपयोग निवांत पेटीसारखा होईल. त्याची टोके बंद करण्याकरिता दोन चांगली बुचे किंवा छिद्रे नसलेले बुचाच्या आकाराचे दोन लाकडी तुकडे घ्या. रबरी नळी दाबून ही बुचे तोंडाशी घट्ट बसवावी. नळीच्या टोकाशी दोरी घट्ट बांधून व मेण लावून ही तोंड वाताभेद्य करावी. खालच्या बुचाला जोडलेले वजन हवेच्या दाबाविरुद्ध नळी ओढील आणि रबरी नळीचे प्रसरण होईल.

वजनास जोडलेल्या मोठ्या काट्यामुळे बुचाची हालचाल मोठी करून दाखविली जाईल. त्यामुळे हवेच्या दाबातील फरक लक्षात येईल.

४. तराजूचा वायुभारमापक



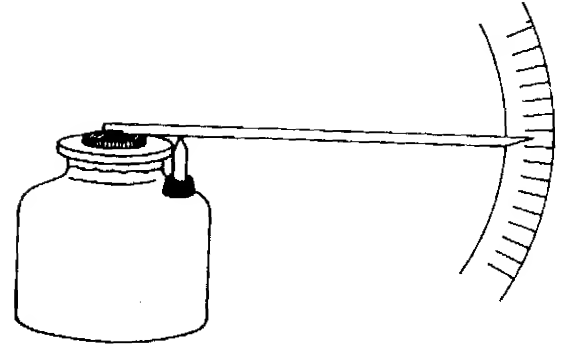
एकाच उष्णमानाला कोरडी हवा दमट हवेपेक्षा जड असते या तत्वावर या उपकरणाची रचना केलेली आहे.

बिनचूक तराजूच्या दांडीच्या दोन्ही टोकांवर दोन सारख्या आकाराचे सिलिंडर (पत्र्याचे डबेही चालतील) बसवा. झेंडरच्या तराजूप्रमाणे (प्रकरण २ रे- 'अ' विभाग - ७ वा आकडा) योजना केली तर तीही उपयुक्त होईल.

एक सिलिंडर वाताभेद्य करा. त्याचा उपयोग हवेचे प्रमाणशीर माप म्हणून होईल. दुसऱ्या सिलिंडरला एक छिद्र पाडा. त्यामधून वातावरणातील हवा आत जाईल. हवेच्या तारणशक्तीवर उपकरणाचे कार्य अवलंबून असल्यामुळे एका सिलिंडरनेही काम भागू शकेल. परंतु दोन सिलिंडर वापरल्यामुळे तोलण्याचे काम सोपे होते.

वरील उपकरणावर वाऱ्याचा परिणाम होऊ नये म्हणून ते एका पेटीत ठेवावे. पेटीच्या वरच्या तोंडातून बाहेर आलेल्या दर्शकाच्या हालचालींवरून आतील दांडीच्या स्थिती कशी आहे ते लक्षात येऊ शकेल.

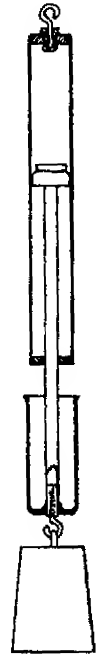
५. आणखी एक निवांत वायुभारमापक



एक लहान काचेची बरणी घेऊन तिच्या तोंडावर पातळ रबर ताणून बसवा. रबर पक्के बसण्याकरिता बरणीच्या गळ्याभोवतालच्या रबरावर दोरी बांधून टाका. दोरीखाली राहिलेल्या गळ्याभोवतालच्या रबराची कडा सभोवार सारखी कापून टाका व सीमेंट बसवून टाका. बुचाची पातळ वर्तुळाकार चकती घेऊन ती रबरच्या मध्यावर डिकाने चिकटवा. या चकतीवर केरसुणीची एक काडी किंवा पेय पिण्याची नळी डिकाने चिकटून बसवा. या काडीला आधार देण्याकरिता काड्याच्या पेटीतील काडीचा एक त्रिकोणी तुकडा तयार करून तो बरणीच्या कडेला उभा बसवा. काडीच्या दुसऱ्या टोकाच्या मागे एक खुणा केलेला कागद बसवा.

६. सायकलच्या पंपाच्या साहाय्याने हवेचा दाब मोजणे.

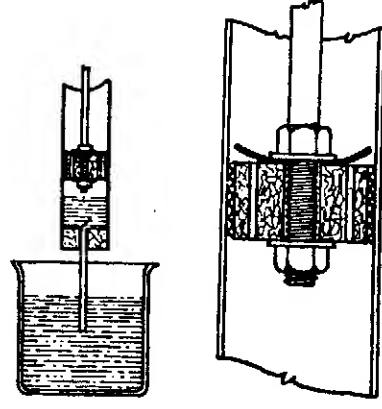
आकृतीत दाखविलेल्याप्रमाणे वॉशर उलटा बसविलेल्या सायकलच्या पंपाने हवेचा दाब मोजता येईल. चौरस काढलेल्या कागदाच्या साहाय्याने पंपाच्या नळीच्या आडव्या छेदाचे क्षेत्रफळ काढता येईल. त्यामुळे हवेचा दाब किलोग्रॅम चौ. सें.मी. या मापात मोजता येईल. पंपाच्या दांड्याच्या लाकडी मुठीला एक आकडा (हुक) पिरगळून बसवावा. या आकड्याला वेगवेगळी वजने टांगून हवेच्या ऊर्ध्वमुख दाबामुळे किती वजन तोलून धरले जाते हे निश्चित करता येईल.



ऊ. हवेच्या दाबामुळे पंपाचे कार्य कसे चालते ते दाखविणे.

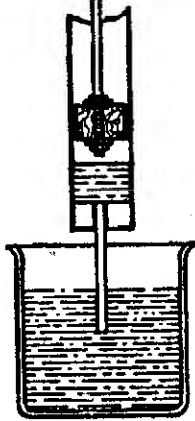
१. हवेच्या दाबातील फरकामुळे पाणी वर कसे ढकलेले जाते.

एका परीक्षानळीला दोन भोके असलेले बूच बसवा. एका भोकात एक काचेची नळी बसवून तिचे खालचे टोक परीक्षानळीच्या तळापर्यंत जाऊ द्या. नळीचे बाहेरील टोक तोंडात धरून पाणी ओढून घ्या. काय होते ते पहा. आता बुचातील मोकळे असलेले टोक पक्के बंद करून नळीमधून पाणी पुन्हा ओढून घ्या. पूर्वीपेक्षा वेगळा परिणाम कोणता दिसून येतो ते पहा व त्याचे कारण सांगा.



२. साधा पिचकारीचा पंप

काचेची किंवा धातूची नळी (लोखंडी नळी किंवा विजेच्या तारांकरिता वापरतात तसली नळी चालेल.) दोन बुचे व धातूची लहानशी सळई वापरून एक साधी पिचकारी तयार करा. एका बुचाभोवती दोरी गुंडाळून ते नळीमध्ये पक्के बसेल अशी व्यवस्था करावी. या बुचाचा दड्या म्हणून उपयोग होईल. दुसऱ्या बुचामध्ये काचेची किंवा इतर नळी बसवून, तिचा उपयोग पाणी आत घेण्याकरिता होईल.

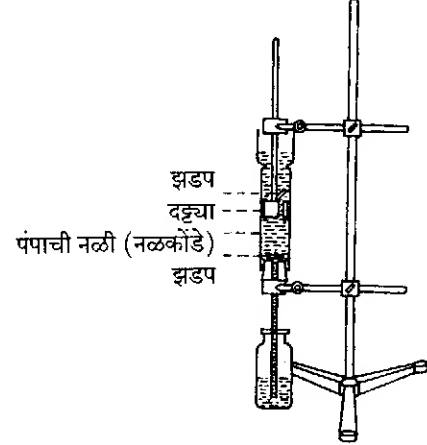


३. पाणी उपसण्याचा साधा पंप (लिफ्ट पंप)

पिचकारीत थोडा बदल करून एक साधा पाणी उपसण्याचा पंप तयार करता येईल. त्याकरिता दड्यामध्ये एक गरम तार खुपसून दोन भोके पाडा व त्यावर कातडी किंवा रबरी चकती बसवा. या चकत्यांचा झडपेप्रमाणे उपयोग होईल. दड्यावर ओढताना झडपा बंद होतील व खाली रेटला म्हणजे झडपा उघडून पाणी वर जाईल.

४. कंदिलाची चिमणी वापरून पाण्याचा पंप

बाजू सरळ असलेली कंदिलाची एक लांबट काच घ्या. तीमध्ये घट्ट बसेल असे दोन छिद्रे असलेले एक बूच घ्या. बूच लहान असेल तर त्याभोवती दोरी गुंडाळून ते घट्ट बसेल असे करा. मोठे असेल तर ते तासून लहान करा. बुचाच्या एका छिद्रामध्ये लोखंडाची किंवा पितळेची सळई बसवा. ती दड्याची दांडी होईल. दुसऱ्या छिद्रावर रबरी किंवा बुटाच्या कातड्याचा लहानसा तुकडा लहानशी चूक ठोकून बसवा. ही झडप झाली. अशा प्रकारचे पंपातील दड्या तयार झाला.

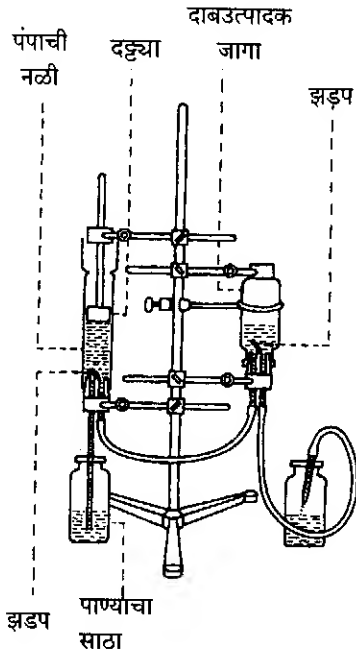


काचेच्या खालच्या बाजूस एक छिद्र असलेले बूच बसवा. या बुचामध्ये ५० सें.मी. लांबीची एक काचेची नळी बसवा. छिद्रावर रबरी किंवा कातडी झडप बसवा. ही पंपातील तळाची झडप होईल. भांड्यामध्ये पाणी घ्या.

दृष्ट्यावरून पंपामध्ये थोडे पाणी ओता. आता दृष्ट्या वरखाली केला असता झडपांची हालचाल कशी होते याचे निरीक्षण करा. हवेच्या दाबामुळे पंपाचे कार्य कसे चालते ते पहा.

५. कंदिलाच्या चिमणीचा जोर पंप (फोर्स पंप)

वरीलप्रमाणेच दृष्ट्या तयार करा. मात्र, दोन छिद्रांऐवजी एक छिद्र असलेले बूच उपयोगात आणा. या छिद्रांमध्येच दृष्ट्याची दांडी बसवा. चिमणीच्या खालच्या बाजूस दोन



छिद्रे असलेले बूच बसवा. एका छिद्रावर झडप बसवा व त्यामध्ये ५० सें.मी. लांबीची काचेची नळी बसवा. दुसऱ्या छिद्रामध्ये काचेची लहानशी नळी बसवा. आता एक काचेची बाटली घेऊन तिला दोन छिद्रे असलेले बूच बसवा. प्रत्येक छिद्रात काचेच्या लहानशा नळ्या बसवा. एका छिद्रावर झडप बसवा. एका स्टॅण्डला पंप घट्ट बसवा. स्टॅण्डच्या दुसऱ्या बाजूस लोखंडी कड्यांमध्ये बाटली

ए. हवेच्या दाबामुळे वक्रनलिकांचे कार्य कसे होते ते दाखविणे.

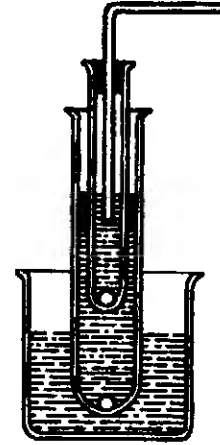
१. साधी वक्रनलिका

दोन उभट काचेच्या बाटल्या घेऊन त्या पाण्याने निम्म्या भरा. ३० सें. मी. लांबीच्या काचेच्या दोन नळ्या घेऊन त्या ३० सें. मी. लांबीच्या रबरी किंवा प्लॅस्टिकच्या नळीने

उलटी ठेवा. बाटलीच्या खालच्या आणि वरच्या बाजूस चिमटे लावून ती पक्की बसवा. आता पंपातून बाहेर आलेली लहानशी नळी (झडप नसलेली) बाटलीतील नळीला (झडप असलेली) जोडा. बाटलीतून बाहेर आलेल्या दुसऱ्या नळीला एक रबरी नळी बसवून तिच्या दुसऱ्या बाजूस बारीक टोक काढलेली (शाईभरणीसारखी) काचेची नळी बसवा. पंपात थोडे पाणी ओतून दृष्ट्या वरखाली करा. झडपेत होणाऱ्या हालचालींचे निरीक्षण करा. हवेच्या दाबामुळे पंपाचे कार्य कसे चालते? हा पंप व पाण्याचा पंप यांत फरक काय आहे? या पंपाचा उपयोग कशाकरिता होऊ शकेल?

६. परीक्षानळीचा जोर पंप

एकात एक बसतील अशा दोन परीक्षानळ्या तळाशी तापवून तेथे छिद्रे पाडा. त्यावर बॉल-बेअरिंग गोळ्या अगर झडप म्हणून ठेवा.

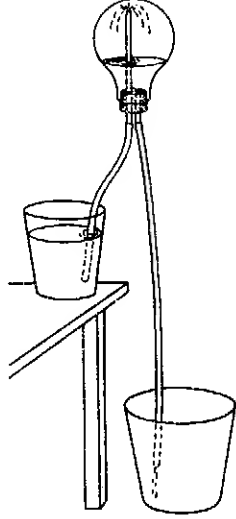


लहान परीक्षानळीभोवती दोरी गुंडाळून ती मोठ्या परीक्षानळीत घट्टपणे वरखाली करता येईल, अशी व्यवस्था करा. नंतर आकृतीत दाखविल्याप्रमाणे नळीला बूच व एक काचेची नळी बसविली तर तिचा जोरपंपातील दृष्ट्याप्रमाणे उपयोग होईल.

शाई टाकून ते रंगीत केले तर हा प्रयोग फार मनोरंजक होईल. दोन्ही बाटल्या टेबलावर ठेवा. पाण्याचा प्रवाह सुरू होतो का? हवेच्या दाबामुळे वक्रनलिकेचे कार्य कसे चालते याचे विवेचन करा.

२. वक्रनलिकेचे कारंजे

एक काचेचा चंबू घेऊन (निरुपयोगी झालेला विजेचा बल्बही चालेल) त्याला दोन भोके असलेले बूच बसवा. एका भोकामधून टोकदार तोंडाची काचेची नळी बसवा.

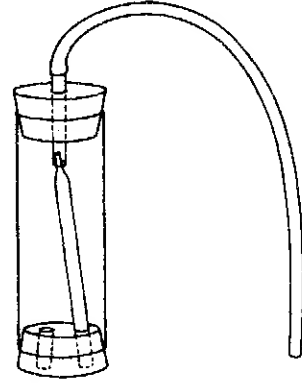


ती चंबूमध्ये बरीच वरपर्यंत गेलेली असावी व चंबूच्या बाहेर २ सें. मी. आलेली असावी. दुसऱ्या भोकामधून एक लहानशी काचेची नळी बसवा. ती दोन्ही बाजूस थोडीशी बाहेर आलेली असावी. पहिल्या नळीला २० सें. मी. लांबीची व दुसऱ्या नळीला १ मी. लांबीची रबरी नळी जोडा. चंबूमध्ये काही पाणी घालून बूच पक्के बसवा व चंबू उलटा करा. लहान रबरी नळीचे दुसरे टोक टेबलावर ठेवलेल्या भांड्यातील पाण्यात बुडवा. मोठ्या रबरी नळीचे

टोक जमिनीवर ठेवलेल्या बादलीतील पाण्यात बुडवा. टेबलावरील भांड्यातील पाण्यात शाई टाकली तर कारंजे उडालेले चांगले दिसेल. वरीलप्रमाणे आणखी काही उपकरण तयार करून ते एकमेकास जोडले तर दुहेरी कारंजे पहावयास मिळेल.

३. स्वयंचलित वक्रनलिका

सुमारे २.५ सें. मी. व्यासाची व ८ ते १० सें. मी. लांबीची एक काचेची किंवा प्लॉस्टिकची नळी घ्या. तिच्या एका तोंडास एक छिद्र असलेले बूच बसवा. या छिद्रात एक काचेची लहानशी नळी बसवा. ही नळी आतील बाजूस १ सें. मी. बाहेर आलेली असावी. तिच्या बाहेरील टोकास एक रबरी नळी जोडा. नळीच्या दुसऱ्या तोंडास



दोन छिद्रे असलेले बूच बसवा. एका छिद्रामधून काचेची टोकदार नळी बसवून ते टोक आत आलेल्या नळीच्या तोंडात येईल अशी योजना करा. हे सर्व उपकरण टेबलावर ठेवलेल्या बादलीतील पाण्यात जोराने बुडवून धरा व रबरी नळीचे बाहेरील टोक जमिनीवर ठेवलेल्या भांड्यावर धरा. वक्रनलिकेचे कार्य सुरू होण्याकरिता थोडीशी जुळणी करावी लागेल.

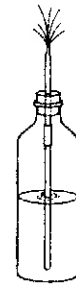
ऐ. दाबाखाली ठेवलेल्या हवेमुळे होणाऱ्या परिणामाचे अवलोकन करणे.

१. हवेच्या उसळीचे निरीक्षण करणे.

एका सायकल पंपाच्या तोंडावर अंगठा ठेवून ते बंद करा. आता पंपाचा दडूठ्या जोराने आत दाबून सोडून द्या. काय होते ते पहा. याचे कारण काय असेल?

२. हवा दाबाखाली ठेवून पाणी जोराने उडविणे.

एका अरुंद गळा असलेली काचेची बाटली घ्या. उदा., सोडावाॅटरची बाटली. आता एक छिद्र असलेले बूच घेऊन



त्यामध्ये सुमारे १० सें. मी. लांबीची काचेची टोकदार नळी बसवा. बुचाखालील नळीच्या टोकाला बाटलीच्या तळापर्यंत येईल अशी दुसरी काचेची नळी रबरी नळीच्या साहाय्याने जोडा. बाटली पाण्याने निम्मी भरून तिला बूच घट्ट बसवा व ते दाबून धरा. टोकदार तोंडामधून बाटलीत जोराने फुंका व फुंकून झाल्यावर बाटलीचे तोंड आपल्यापासून दूर धरा. काय होते ते पहा.

३. दाबलेल्या हवेची बंदूक

सुमारे १ ते २ सें. मी. व्यासाची व १५ ते २० सें. मी. लांबीची काचेची किंवा प्लॅस्टिकची सरळ नळी घ्या. एका

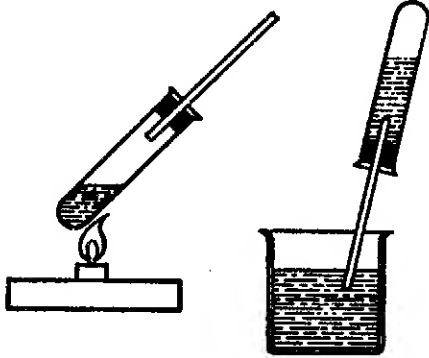


पेन्सिलीच्या टोकाभोवती दोरा गुंडाळून नळीमध्ये घट्ट फिरेल असा एक दट्ट्या तयार करा. नळीच्या दुसऱ्या तोंडाला बूच बसवा व दट्ट्या जोराने आत सरकवा.

ओ. हवेचा दाब कमी केल्यामुळे होणाऱ्या परिणामाचे निरीक्षण करणे.

१. हवेच्या दाबाने पाणी वर ढकलणे.

एका परीक्षानळीत थोडे पाणी घेऊन तिला एक भोक असलेले बूच बसवा. या भोकामध्ये एक काचेची नळी बसवा. नळीतील पाणी उकळेपर्यंत तापवा. त्यामुळे आतील हवा बाहेर लोटली जाईल. आता परीक्षानळी उलटी करून काचेच्या नळीचे बाहेरील टोक पाण्यात बुडवा. हवेच्या दाबामुळे परीक्षानळी जवळजवळ पूर्ण भरेपर्यंत पाणी आत जाईल.



२. साधा निर्वात पंप तयार करणे.

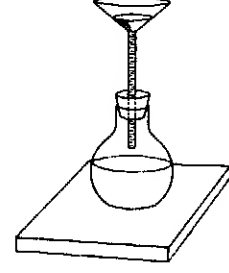
एक सायकलचा पंप घेऊन त्याचा दट्ट्या बाहेर काढा. दट्ट्यातील वॉशर्स काढून ते उलटे करा व पुन्हा स्कूने

४. दाबाखाली असलेल्या हवेने वस्तू उचलणे.

फुटबॉल किंवा बास्केट बॉलमधील रबरी ब्लॅडर टेबलावर ठेवून तीवर काही पुस्तके ठेवा. नंतर ब्लॅडरमध्ये हवा भरून काय होते ते पहा.

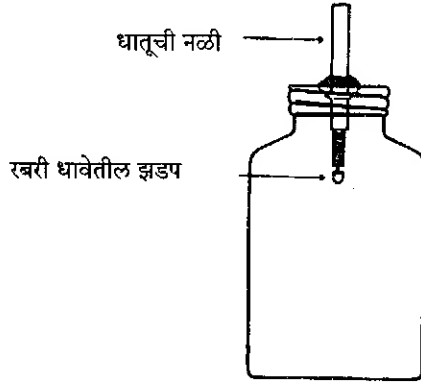
५. 'ढेकर' देणारी बाटली तयार करणे.

एक बाटली किंवा चंबू घेऊन त्याला एक छिद्र असलेले बूच बसवा व त्यामधून नरसाळे बसवा. बूच चांगले घट्ट करून नरसाळ्यात पाणी ओता. थोड्या थोड्या वेळाने 'ढेकर' दिल्याप्रमाणे नरसाळ्यांतून हवा बाहेर येईल.



पक्के बसवा. दट्ट्या पंपामध्ये घाला. अशा प्रकारे तयार झालेला पंप जागा निर्वात करण्यासंबंधीचे साधे प्रयोग करण्यास उपयोगी पडेल.

३. जागा निर्वात करण्याकरिता लागणारा ग्राहक तयार करणे.



फिरकीचे घट्ट झाकण असलेली काचेची बरणी घ्या. झाकणाच्या मध्यावर भोक पाडून त्यामध्ये एक धातूची लहानशी नळी डाक देऊन पक्की बसवा. म्हणजे बरणी वाताभेद्य होईल. नळीच्या आतील तोंडाशी रबरी धावेतील झडप उलटी बसवा.

४. रबरी फुग्याचा प्रयोग

एका रबरी फुग्यामध्ये थोडी हवा भरून त्याचे तोंड बंद करा. आता हा फुगा एका ग्राहकात ठेवा. नंतर ग्राहकातील हवा पंपाने काढून घ्या.

५. बाटली व बुचाचा प्रयोग

एक लहानशी बाटली घेऊन तिचे तोंड साध्या किंवा रबरी बुचाने पक्के बंद करा. ही बाटली ग्राहकामध्ये ठेवून तेथील हवा पंपाने काढून घ्या. काय परिणाम दिसून येतो? याचे कारण काय असेल?

६. हवेचा दाब कमी करून पाणी वाहून नेणे.

दोन लहान बाटल्या घ्या. एक बाटली पाण्याने निम्मी

भरून तिला एक भोक असलेले बूच बसवा. या भोकामधून बाटलीच्या तळापर्यंत जाईल अशी एक काचेची नळी बसवा. नळीच्या बाहेरील टोकास रबरी नळी बसवून तिचे दुसरे टोक दुसऱ्या लहान बाटलीत नेऊन सोडा. दोन्ही बाटल्या एका ग्राहकामध्ये ठेवून तेथील हवा पंपाने काढून घ्या. काय परिणाम होतो? त्याचे कारण काय असेल? शाईने पाणी रंगित केल्यास प्रयोग मनोरंजक होईल.

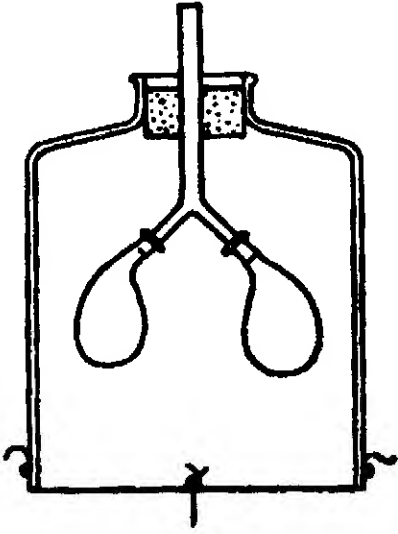
७. रबरी फुग्याचा आणखी एक प्रयोग

एका लहान बाटलीच्या तोंडावर एक रबरी फुगा बसवा. ही बाटली ग्राहकात ठेवून तेथील हवा पंपाने काढून घ्या. काय परिणाम दिसून येतो? याचे कारण काय असेल?

औ. मानवी शरीरातील हवा

१. फुफ्फुसाचे कार्य कसे चालते?

एका मोठ्या बाटलीचा तळ काढून टाका (१८ व्या प्रकरणातील २२ (इ) पहा). बाटलीच्या तोंडाला एक भोक असलेले बूच बसवा. या भोकामधून इंग्रजी 'वाय' (Y) आकाराची एक नळी बसवा. या नळीच्या प्रत्येक बाजूच्या टोकाला रबरी फुगा बसवा.



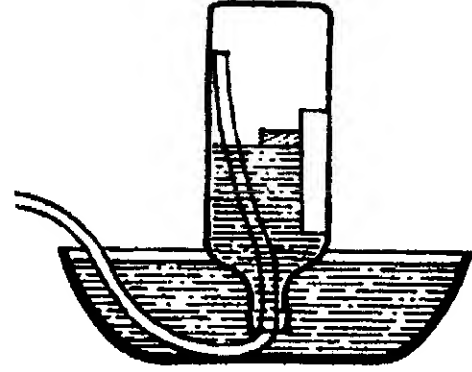
बाटलीच्या तळाशी ब्राऊनपेपर किंवा रबरी तुकडा बसवा. या कागदाच्या किंवा रबरी तुकड्याच्या मध्यावर एक भोक पाडून त्यामध्ये गाठ मारलेली दोरी अडकवून ठेवा. दोरी खाली ओढली म्हणजे कागद किंवा रबरी तुकडा (म्हणजेच विभाजक पडदा) खाली येतो. त्यामुळे फाट्यांच्या

वरील नळीतून हवा आत येते व फुगे मोठे होतात.

पडदा वर सरकवला म्हणजे उलटा परिणाम दिसून येतो.

२. फुफ्फुसातील हवेचे घनफळ मोजणे.

एक बाटली पाण्याने पूर्ण भरा. एका भांड्यात पाणी घ्या व त्यामध्ये बाटलीचे तोंड बुडून राहिल अशी ती

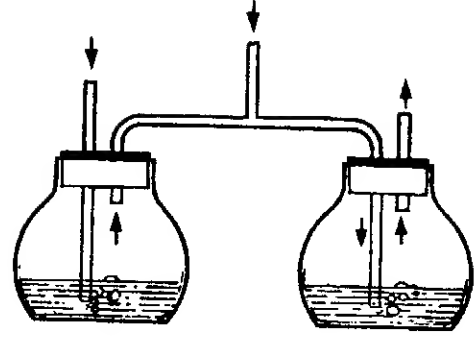


उपडी ठेवा. बाटलीमध्ये काचेची किंवा रबरी नळी घालून तीमधून पूर्ण उच्छ्वास सोडा.

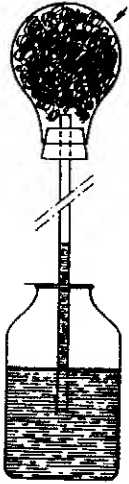
आता बाटलीतील हवेचा व बाहेरील हवेचा दाब सारखा होईल अशा रीतीने भांड्यातील पाण्याची पातळी करून घ्या. बाटलीतील पाण्याच्या उंचीपर्यंत तिच्या बाहेरील बाजूस एक कागदाची पट्टी चिकटवा. बाटली बाहेर काढा व ती पट्टीच्या खुणेपर्यंत भरावयास किती पाणी लागते व मोजा.

३. उच्छ्वासित हवेत कार्बन-डायॉक्साइड असतो हे दाखविणे.

आकृतीत दाखविल्याप्रमाणे चंबूची व नळ्यांची जोडणी करा. त्यामुळे मधल्या नळीतून श्वासोच्छ्वास केला असता दोन्ही चंबूतील चुन्याच्या निवळीमधून हवेचे बुडबुडे जातील. हवा आत घेतली जाईल तेव्हा एका नळीचे तोंड बोटाने बंद करावे. या उलट हवा बाहेर टाकली जाईल, तेव्हा दुसऱ्या नळीचे तोंड बंद करावे.



अं. हवेच्या रासायनिक परिणामांचा अभ्यास करणे.



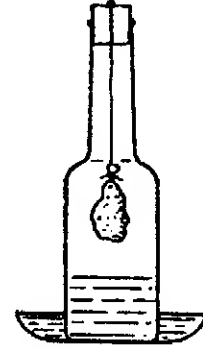
१. पोलादी धाग्यांचा लहानसा गुंडा त्यावरील ओशटपणा जाण्याकरिता गॅसोलीन, बॅझाइन किंवा कार्बन टेट्राक्लोराइड (कार्बोना) मध्ये धुवून घ्या. नंतर तो पिळून कोरडा करा व पुन्हा मोकळा करून एका चंबूमध्ये ठेवा.

चंबूला एक भोक असलेले बूच बसवा व भोकामध्ये सुमारे ४० सें. मी. लांबीची काचेची नळी बसवा. आता एका भांड्यात पाणी घ्या व या पाण्यात नळीचे बाहेरील टोक बुडून राहिल अशा बेताने चंबू उलटा करून ठेवा. काही तासांनी कोणता परिणाम दिसून येतो ते पहा. त्याचे कारण सांगा.

२. वरीलप्रमाणेच प्रयोग करा. परंतु या खेपेस पोलादी धाग्यांचा गुंडा लहानशा वायुपात्रात किंवा परीक्षानळीत घ्या. नळी पाण्यात उघडी ठेवा. २४ तास तशीच राहू द्या. होणाऱ्या परिणामांचे निरीक्षण करा. नळीतील किती हवा बाजूस सारली गेली? पोलादी धाग्यांमध्ये काय फरक झाला? याची कारणे कोणती असतील?



३. एक दिव्याची उभट काच (काचेची चिमणी) घ्या. तिला बूच बसवून त्यापासून काचेमध्ये मलमलीच्या कापडात गुंडाळलेले लोखंडी खिळे किंवा टेकस (टॅक्स) टांगून ठेवा. एका बशीत पाणी घेऊन त्यामध्ये चिमणी ठेवा. काही काळाने पाणी वर चढलेले दिसेल.



४. दगडाचा किंवा पितळी वजनाचा उपयोग करून एक पोलादी पट्टी किंवा लोखंडी तुकडा चाकूच्या पात्यावर समतोल राहिल असा ठेवा. हे सर्व साहित्य हवेमध्ये किंवा खिडकीमध्ये काही दिवस ठेवा. लोखंड गंजल्यामुळे पट्टीच्या लांब भुजेवर काय परिणाम होतो ते पहा.



५. 'ज्वलनाकरिता प्राणवायूची जरूरी असते.' हा सिद्धांत बरेचसे प्रायोगिक साहित्य वापरल्याशिवाय सिद्ध करणे शक्य होत नाही. मात्र 'ज्वलन चालू राहण्याकरिता शुद्ध हवेची सतत जरूरी असते' हे दाखविणारे पुष्कळ प्रयोग आहेत. या प्रयोगावरून सर्वसामान्य अनुमान करताना काळजी घेऊन अचूक निष्कर्ष काढता आले पाहिजेत. म्हणजे शास्त्रीय दृष्टी प्राप्त होऊन चिकित्सक बुद्धीने विचार करण्याची सवय लागेल. अशा रीतीने योग्य पार्श्वभूमी तयार झाल्यानंतर ज्वलनामध्ये प्राणवायूचे कार्य

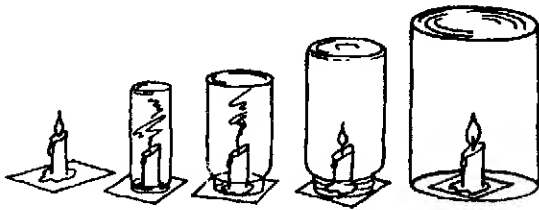
कोणते यासंबंधीची चर्चा करणे सोपे जाईल.

मेणबत्तीचे दोन किंवा तीन इंच लांबीचे तुकडे घ्या. प्रत्येकाचे एक टोक आतील वात सुमारे पाव इंच बाहेर येईल इतके तासून काढा. कार्डबोर्डचे लहानसर तुकडे घ्या. त्यांच्या मध्यावर मेणबत्ती पेटवून आडवी धरा. वितळलेल्या मेणाचे ३-४ थेंब पडले म्हणजे त्यावर मेणबत्ती उभी धरा व मेण घट्ट होईपर्यंत दाबून ठेवा. अशा रीतीने कोर्डबोर्डच्या तुकड्यावर मेणबत्ती ताठ उभी ठेवण्याची व्यवस्था करता येईल.

आता मेणबत्ती पेटवून तीवर एक काचेचे भांडे उपडे ठेवा. ज्योत विझली म्हणजे त्यासंबंधी विद्यार्थ्यांना निष्कर्ष काढण्यास सांगा. पुराव्याने सिद्ध न होणारे निष्कर्ष स्वीकारू नका. सिद्ध करता येतील तेच निष्कर्ष काढण्यास विद्यार्थ्यांना सांगा. त्यापैकी लहानशा बंदिस्त जागेत मेणबत्ती जळत राहत नाही हा निष्कर्ष योग्य असल्याचे नजरेस आणा.

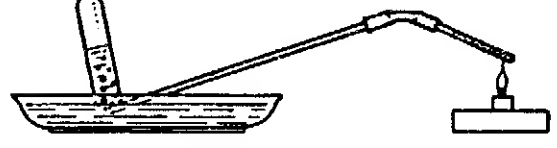
६. चार विद्यार्थ्यांच्याजवळ अर्धा पिंट (१० औंस), एक पिंट, पाव गॅलन अशा वेगवेगळ्या आकारमानांच्या चार काचेच्या बरण्या (वायुपात्रे) द्या. चार मेणबत्त्या पेटवून ठेवा. इशारा मिळताच प्रत्येक विद्यार्थ्याला पेटलेल्या मेणबत्तीवर बरणी उलटी ठेवावयास सांगा. प्रत्येक मेणबत्तीच्या बाबतीत दिसून येणाऱ्या परिणामांचे बारकाईने निरीक्षण करा. त्यावरून निष्कर्ष काढताना विद्यार्थ्यांबरोबरच शिक्षकानेही विशेष खबरदारी घ्यावी.

७. एका उथळ थाळीमध्ये वितळलेल्या मेणावर एक मेणबत्ती उभी करा. या थाळीत २.५ ते ३ सें. मी. उंचीपर्यंत पाणी ओता. मेणबत्ती पेटवा व तीवर एक सरळ बाजू असलेले उभे काचेचे भांडे उपडे ठेवा. प्रयोग पूर्ण झाल्यानंतर भांड्यात



पाणी किती वर चढले आहे ते पट्टीने मोजून ठेवा. वेगवेगळ्या आकारांची काचेची भांडी वापरून हा प्रयोग करा. प्रत्येक वेळी काय दिसून येते? त्याचे कारण काय असेल?

८. एक तापविण्याची परीक्षानळी घेऊन ती पोटॅशियम परमँगनेटने निम्मी भरा (किंवा एक काचेची नळी एक बाजू तापवून बंद केली व सुमारे ५ सें. मी. लांबीची नळी तयार केली तरी चालेल.).

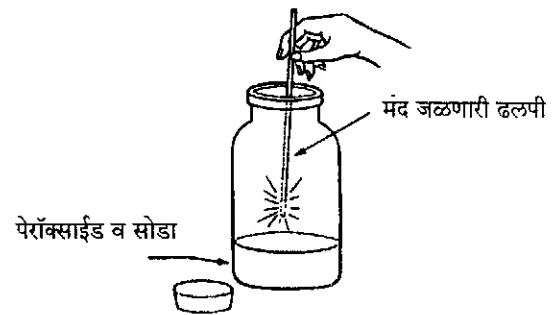


या नळीला रबरी नळी जोडा. एका पसरट भांड्यामध्ये पाणी घेऊन त्यामध्ये दुसरी परीक्षानळी पाण्याने भरून उलटी ठेवा. वरील रबरी नळीचे दुसरे टोक या परीक्षा - नळीच्या खाली आणून सोडा. आता पोटॅशियम परमँगनेट खूप तापवा. प्राणवायू उत्पन्न होईल. तो पाण्याच्या अधःसरणाने दुसऱ्या परीक्षानळीत जमा होईल.

९. वरीलप्रमाणेच उपकरण वापरून ५ भाग पोटॅशियम क्लोरेट व १ भाग मँगनीज डायॉक्साईड यांचे मिश्रण तापविले तर प्राणवायू उत्पन्न होईल.

१०. १०० मिली-लीटर आहाराच्या बाटलीमध्ये २५ मिली-लीटर हायड्रोजन पेरॉक्साईड घ्या. (औषधाच्या दुकानात मिळणारा साधा पेरॉक्साईड चालेल. परंतु केसांचा रंग घालवण्याकरिता उपयोगात आणतात त्या पेरॉक्साईडपासून प्राणवायू जास्त मिळतो.) बाटलीमध्ये एक चमचाभर (चहाचा चमचा) मँगनीज डायॉक्साईड टाकून तिला एक सैलसर बूच लावा व ती थोडा वेळ बाजूला ठेवा. पेरॉक्साईडमधून बाहेर पडणारे छोटे बुडबुडे प्राणवायूचेच होत.

बाटलीतील प्राणवायूचे परीक्षण करण्याकरिता एक लाकडाची लांब ढलपी पेटवा व तीवर फुंकर घालून ज्योत मालवून टाका. बाटलीचे बूच काढून ही मंद जळणारी ढलपी आत घाला. ढलपी जोराने पेट घेईल व ज्योत दिसेल.



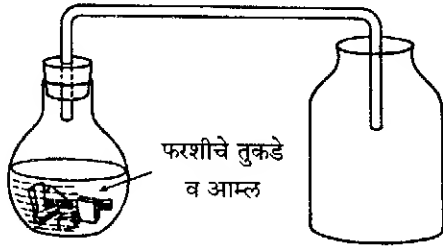
मॅग्नीज डायॉक्साइडऐवजी खाण्याचा सोडा वापरूनही हायड्रोजन पेरॉक्साईडपासून प्राणवायू निर्माण करता येईल. परंतु या क्रियेला जास्त वेळ लागतो.

११. चित्रे टांगण्याकरिता उपयोगात आणतात त्या पीळ दिलेल्या तारेचे एक टोक लाल होईपर्यंत ज्योतीत धरा. नंतर प्राणवायू असलेल्या बाटलीत हे टोक लगेच धरा व तार कशी जळते ते पहा. तारेच्या टोकावर गंधकाची पूड ठेवली तर हा प्रयोग जास्त चांगला होईल.

१२. एका धातूच्या ट्रेमध्ये पोलादी लोकर (स्टील वूल) ठेवा व तिला काडी लावा. पोलादाच्या अगदी पातळ पट्ट्या असल्यामुळे ते जळू शकेल. हवेतील प्राणवायूचा लोकराच्या पुष्कळ पृष्ठभागाशी संबंध आल्यामुळे पोलाद जळते.

१३. एका तारेच्या टोकाला वरील प्रकारची थोडीशी लोकर गुंडाळून ती ज्योतीत धरून पेटवा. लगेच ती प्राणवायू असलेल्या बाटलीत धरा. हवेपेक्षा नुसत्या प्राणवायूमध्ये ती जास्त चांगली जळते असे दिसून येईल.

१४. सोडा किंवा फरशीचे तुकडे आणि सौम्य आम्ल वापरून कार्बन डायॉक्साईड तयार करता येईल. हा वायू नळीच्या साहाय्याने कोरड्या बाटल्यांमध्ये किंवा बरण्यांमध्ये जमा करता येईल. त्यावर काचेचे किंवा कार्डबोर्डचे झाकण ठेवा.



१५. पेटलेली लाकडाची कपची कार्बन डायॉक्साईड असलेल्या बाटलीत धरा. हा वायू ज्वलनास मदत करतो का?

१६. एका काचेच्या संद वायुपात्राच्या तळाशी एक मेणबत्ती उभी बसवून ती पेटवा. नंतर कार्बन डायॉक्साईड असलेले दुसरे वायुपात्र उपडे करून वायू भांड्यात ओतण्याचा प्रयत्न करा. मेणबत्तीवर काय परिणाम होतो ते पहा आणि त्यावरून या वायूच्या घनतेसंबंधी योग्य तो निष्कर्ष काढा.

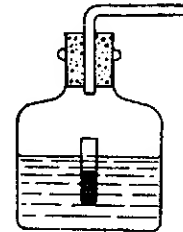
१७. एका भांड्यात पाणी घेऊन त्यात चुनखडी टाकून ढवळा व हे मिश्रण एक दिवस तसेच ठेवा. चुना तळाशी राहून त्यावर स्वच्छ द्रव आलेला दिसेल. हीच चुन्याची

निवळी होय. आता वक्रनलिकेच्या साहाय्याने ही निवळी एका बाटलीत घ्या. वरील १४ व्या प्रयोगात तयार होणारा कार्बन डायॉक्साईड या निवळीत सोडा. काय परिणाम होतो? कार्बन डायॉक्साईड ओळखण्याची ही एक रासायनिक कसोटी आहे.

१८. एका काचेच्या भांड्यामध्ये एक पेटलेली मेणबत्ती ठेवा. ती विझेपर्यंत तेथेच ठेवा व नंतर काढून घ्या. लगेच भांड्यामध्ये चुन्याची निवळी ओता. भांडे चांगले हलवा व काय होते ते पहा. मेणबत्तीच्या ज्वलनामुळे कोणता वायू तयार झाला? पेटलेले लाकूड व कागद वापरून हाच प्रयोग करून पहा.

१९. एका चकचकीत थंड भांड्याच्या शेजारी पेटलेली मेणबत्ती, लाकूड व काही कागद क्रमाक्रमाने थोडा वेळ धरा. भांड्याच्या पृष्ठभागावर काय दिसते? ते काय असेल? गॅसच्या किंवा रकिलच्या ज्योतीवर एक थंड पाण्याने भरलेले भांडे धरा. क्षणभराने ते बाजूला करा व त्याच्या तळाच्या खालच्या भागावर काय दिसते ते पहा. पूर्वसारखाच हा पदार्थ आहे का? पेटलेली मेणबत्ती, लाकूड व कागद यांपासून आणखी कोणता पदार्थ तयार होतो?

२०. शाईच्या बाटलीला नळी असलेले बूच बसवून एक आग विझवण्याच्या साधनाचा नमुना तयार करता येईल. ही बाटली सोडियम-बाय-कार्बोनेटच्या द्रावणाने निम्मी भरा. औषधाच्या गोळ्या भरण्याकरिता वापरतात तसली छोटी बाटली घ्या. तिच्यात गंधकाम्ल घेऊन ती



वरील द्रावणात तरंगती राहिल अशी ठेवा.

अग्निशामकाचे कार्य सुरू करण्याकरिता बाटली हलवा, म्हणजे आम्ल बायकार्बोनेटशी मिसळून कार्बन-डायॉक्साईड तयार होईल.

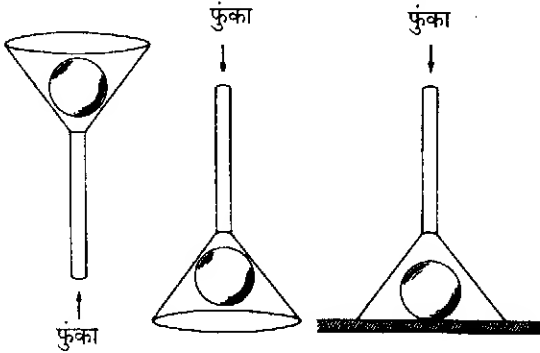
आम्लऐवजी अॅल्युमिनियम सल्फेट वापरले तर फेस तयार होतो. हीच क्रिया त्यामध्ये साबणाचा द्राव मिसळला तर जास्त जलद होते.

अ: हवेतील प्रवाहासंबंधीचे प्रयोग

हवेमध्ये हालचाल सुरू असताना जेव्हा हवेच्या प्रवाहाचा वेग जास्त असतो, तेव्हा तिचा दाब कमी असतो. या उलट जेव्हा प्रवाहाचा वेग कमी असतो, तेव्हा हवेचा दाब जास्त असतो. खालील प्रयोगामध्ये या तत्त्वाची प्रचिती येईल.

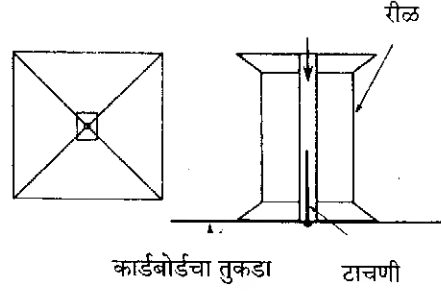
१. कमीत कमी एक मीटर लांबीच्या दोन्याने दोन सफरचंद, दोन नारिंगे किंवा दोन पिंगपॉंगचे चेंडू सुमारे १० ते १५ सें. मी. अंतरावर टांगून ठेवा. दोन्ही वस्तू एकाच पातळीत असाव्यात. दोन्ही वस्तूंच्या मधून हवेचा प्रवाह सतत चालू ठेवा व होणाऱ्या परिणामांचे निरीक्षण करा. कोणत्या ठिकाणी प्रवाहाचा वेग सर्वात जास्त आहे? कोणत्या ठिकाणी हवेचा दाब कमी होतो? या परिणामांची कारणे लिहा.

२. एका नरसाळ्यात पिंगपॉंगचा चेंडू ठेवा. नरसाळ्याच्या नळीमधून जोराने फुंकून चेंडू बाहेर लोटता येतो का पहा. नरसाळे उलटे करून त्यात चेंडू धरून ठेवा. नळीतून जोराने फुंका व त्याचवेळी हात बाजूला केला असता काय होते ते पहा. आता टेबलावर चेंडू ठेवून त्यावर



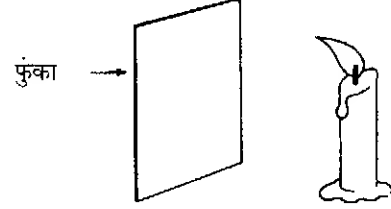
नरसाळे उलटे झाकणासारखे ठेवा. नळीतून जोराने फुंका व चेंडू वर उचलला जातो का पहा. तुम्हांस दिसून येणाऱ्या परिणामांची कारणे सांगा.

३. २० सें. मी. X १० सें. मी. या मापाच्या पातळ कार्डबोर्डची एक पुलाची कमान तयार करा. दोन्ही बाजूस २ सें. मी. रुंदीचा भाग वाकवून घ्या. हा पूल टेबलावर ठेवा व त्याच्या कमानीमधून जोराने फुंका. फुंकण्याचा जोर वाढत जाईल तसतसा कार्डबोर्ड टेबलाला जास्त घट्ट चिकटून राहील.

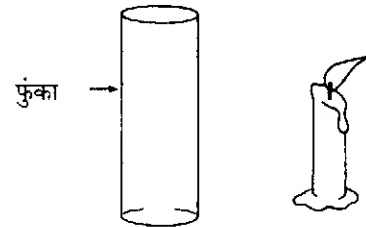


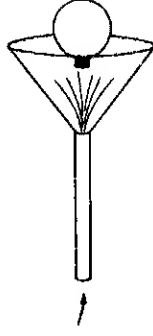
४. ७ सें. मी. चौरस मापाचा एक पातळ कार्डबोर्डचा तुकडा घ्या. त्यावर कर्ण काढा व ते जेथे एकमेकांस छेदतात तेथे (म्हणजे कार्डबोर्डच्या मध्यावर) एक टाचणी बसवा. टाचणीचा माथा चिकटपट्टीच्या तुकड्याने पक्का बसवा. एक दोन्याचे रीळ घेऊन त्याच्या मध्यभागी असलेल्या छिद्रात टाचणी घाला व कार्डबोर्डचा तुकडा रिळावर ठेवा. रिळाच्या खालच्या छिद्रातून फुंकून कार्ड बाजूला काढण्याचा प्रयत्न करा. कार्ड व रीळ उलटे करा. कार्डाला खालून बोट्याचा आधार द्या. रिळामधून फुंका व आधाराचे बोट बाजूला करा. होणाऱ्या परिणामांचे कारण सांगा.

५. एक मेणबत्ती पेटवून ती एका कार्डबोर्डच्या मागे ५ सें. मी. अंतरावर ठेवा. कार्डबोर्डवर जोराने फुंका व त्यामुळे ज्योतीची हालचाल कशी होते ते पहा. कारण सांगा.



६. टेबलावर एक पेटवलेली मेणबत्ती ठेवा. तिच्यासमोर एक बाटली ठेवून तिच्यावर जोराने फुंका. ज्योतीच्या हालचालीचे निरीक्षण करा.

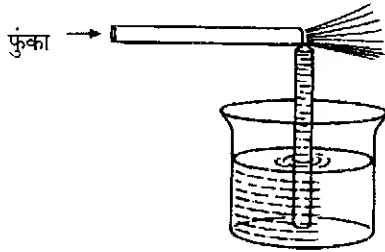




दाबाखालील हवेचा साठा

७. दाबाखालील हवेच्या साठ्याला (फुगविलेल्या फुटबॉलमधील पिशवी) व नरसाळे जोडून ठेवा. एका रबरी फुग्यामध्ये हवा भरा व वजन म्हणून त्याच्या तोंडाभोवती तांब्याची तार गुंडाळा. दाबाखालील हवा सोडा व हवेच्या प्रवाहामध्ये फुगा तरंगता ठेवा. याप्रमाणेच फुगा व नरसाळे यांच्यामध्ये पिंगपॉंगचा चेंडू तरंगता ठेवा.

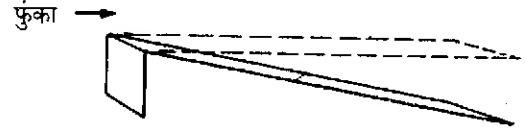
८. दोन काचेच्या किंवा गवताच्या पारदर्शक नळ्या घ्या. एक काचेचे भांडे रंगीत पाण्याने निम्मे भरा. या



पाण्यामध्ये एक नळी उभी धरा. दुसरी नळी पहिल्या नळीशी काटकोन करून दोन्ही नळ्यांची तोंडे एकमेकांजवळ येतील अशी धरा. आडव्या नळीमधून फुंका व त्या वेळी उभ्या नळीतील पाण्याच्या पातळीचे निरीक्षण करा. दिसून येणाऱ्या परिणामाचे कारण सांगा. याच

तत्वावर डी.डी.टी. चा किंवा रंगाचा फवारा मारण्याच्या यंत्राची रचना केलेली असते.

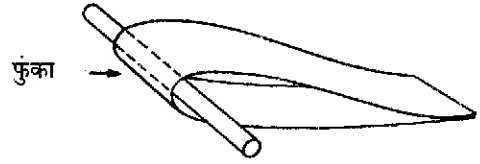
९. सुमारे ३० सें. मी. लांब व ४ सें. मी. रुंद अशी एक कागदाची पट्टी घ्या. एका कडेपासून ४ सें. मी. अंतरावर कागदाला एक घडी घाला. घडीला चांगली सळ



पाडा. आता घडी पडलेला कागदाचा लहान भाग हनुवटीपुढे असा धरा की, सळ ओठांच्या पातळीमध्ये येईल. कागदाच्या पृष्ठभागावर जोराने फुंका व काय होते ते पहा. त्याचे कारण सांगा.

१०. चालत्या वाहनाच्या खिडकीबाहेर हात काढून तो सरळ पालथा धरा. नंतर हाताची पुढील बाजू थोडीशी वर उचलून हात कलता करा व हवेच्या प्रवाहामुळे हात कसा वर उचलला जातो ते पहा.

११. आकृतीत दाखविल्याप्रमाणे एका कागदाच्या तुकड्याला घडी घालून आणि चिकटवून विमानाच्या पंखाचा एक भाग तयार करा. पेन्सिलीवर किंवा एका



गुळगुळीत वाटोळ्या सळईवर हा भाग अधांतरी धरा. सळईच्या बाहेरील बाजूच्या कागदावर जोराने हवेचा प्रवाह सोडा. कोणता परिणाम दिसून येतो? कागद उचलला जाण्याचे कारण काय असेल?

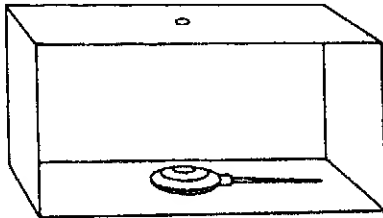
हवामानाच्या अभ्यासाकरिता प्रयोग व साहित्य

अ. हवामान यंत्रे व हवामान केंद्र (वेधशाळा) तयार करणे.

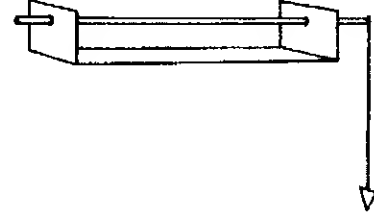
प्रत्येक मुलाच्या जीवनाशी निगडित असा 'हवामान' हा विषय आहे. प्राथमिक शाळेतील लहान मुलांनीसुद्धा रोजच्या हवामानाचे निरीक्षण करणे जरूर आहे. माध्यमिक शाळेतील खालच्या वर्गामध्ये एक छोटेसे 'हवामान केंद्र' प्रस्थापित करण्यास हरकत नाही. वरच्या वर्गात सामान्यविज्ञानाचा भाग म्हणून व पुढेही हवामानात घडणाऱ्या घडामोडींच्या कारणासंबंधीचा सखोल अभ्यास करणे जरूर आहे.

१. निर्वात वायुभारमापक

एक साधा निर्वात वायुभारमापक ठेवण्याकरिता लहानशा पेटीचा (उदा. सिगारची पेटी) उपयोग करता येईल. पेटीच्या ज्या बाजूस झाकण बिजागिरीने बसविले आहे, त्या बाजूच्या मध्यावर १ सें. मी. मापाचे भोक पाडा. सातव्या प्रकरणातील 'उ-५' या परिच्छेदामध्ये वर्णन केल्याप्रमाणे काचेच्या बाटलीच्या तोंडावर एक पातळ रबरी तुकडा बसवून दाब यंत्रणा तयार करता येईल. आकृतीत दाखविल्याप्रमाणे प्लॅस्टिकची किंवा पत्र्याची तेलाची बुदली दाबून त्यातील थोडीशी हवा काढून टाका व तिचे तोंड पक्के बंद करा. त्याकरिता प्लॅस्टिकची बुदली असेल तर प्लॅस्टिक-सीमेंट वापरा आणि पत्र्याची बुदली असेल तर डाक देऊन तोंड बंद करा. ही बुदली चांगली वाताभेद्य झाली पाहिजे. ते कळण्याकरिता ती पाण्यात बुडवून दाबून पहा. हवेचे बुडबुडे येत असलेले दिसले तर बुदली दाबून थोडी हवा बाहेर काढा व राहिलेली छिद्रे बंद करा. नंतर ही बुदली पेटीमध्ये अशी ठेवा की तिचा वर्तुळाकार भाग पेटीच्या वरच्या बाजूस पाडलेल्या छिद्राच्या बरोबर खाली येईल.

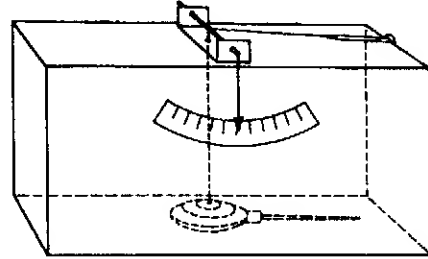


काडीच्या लहानशा तुकड्याला ३० सें. मी. लांबीचा एक दोरा बांधा व हा तुकडा बुदलीच्या मध्यावर चिकटवून टाका. सुमारे १ सें. मी. रुंद व ९ ते १० सें. मी. लांब



असा एक पत्रा घ्या. पत्र्याच्या दोन्ही बाजूंना सुमारे १.५ सें. मी. लांबीचा भाग काटकोनात वाकवा. दोन्ही भागांच्या मध्यावर व वरच्या कडाच्या थोडे खाली खिळ्याने भोक पाडा. या भोकांमधून एखादा खिळा किंवा सुई सहज फिरेल इतपत ती भोके मोठी करून घ्या. विणण्याच्या सुईच्या एका टोकाला खराट्याच्या हिराची काडी चिकटवून बसवा. या काडीचा दर्शक (पॉइंटर) म्हणून उपयोग होईल. सुई लाकडी पेटीला पाडलेल्या छिद्राच्या मध्यावर बरोबर येईल अशा तऱ्हेने वरील पत्रा पेटीच्या वरच्या फळीवर बसवा. पेटीच्या उभ्या बाजूवर ही काडी फिरती राहिल अशी व्यवस्था करा. मात्र पेटीला काडीचा स्पर्श होता कामा नये.

आता बुदल्याला चिकटवलेला दोरा पेटीच्या छिद्रातून बाहेर काढून सुईला वेढे द्या व त्याच्या दुसऱ्या टोकाला



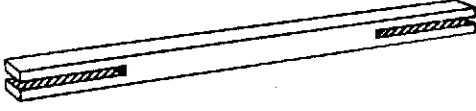
रबरी पट्टी बांधा. या वेळी बुदल्यापासून सुईपर्यंत असलेला दोरा ताठ राहिल अशी खबरदारी घेतली पाहिजे. दोऱ्यावर ताण पडेल इतक्या बेताने रबरी पट्टी ताणा व पेटीच्या

बाजूला लहानशा चुकेने पक्की बसवा. या पट्टीच्या साहाय्याने दोऱ्यावरील ताण कमी जास्त करता येईल.

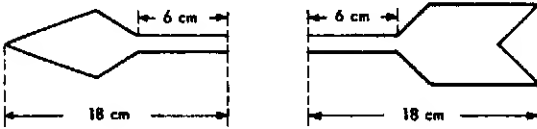
आकृतीत दाखविल्याप्रमाणे एक स्केलपट्टी तयार करून ती दर्शकाच्या मागे पेटीच्या बाजूवर बसवा. स्केलपट्टीच्या मध्यावर दर्शक येईल अशी व्यवस्था करा. 'जास्त' (रायझिंग) व 'कमी' (फॉलिंग) दाब असे शब्द योग्य ठिकाणी लिहा. अशा रीतीने तयार केलेला वायुभारमापक नीट दिसेल अशा ठिकाणी ठेवा. दर्शकात बदल झाला की, रबरी पट्टीच्या साहाय्याने योग्य ताण देऊन दर्शक स्केलपट्टीवर बरोबर आणता येईल. हा वायुभारमापक अचूक नोंद करू शकतो. त्यामुळे हवेच्या दाबात होणारा बदल ताबडतोब लक्षात येतो.

७ व्या प्रकरणात 'उ' विभागामध्ये इतर प्रकारच्या वायुभारमापकासंबंधी माहिती दिली आहे ती पहावी.

२. वातकुक्कुट



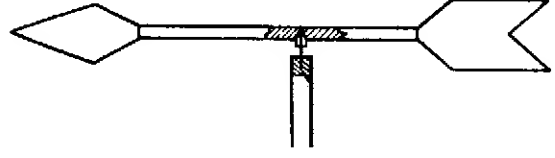
वातकुक्कुटामुळे वाऱ्याची दिशा समजते. एक चौ. सें. मी. मापाची सुमारे २५ सें. मी. लांबीची एक लाकडी पेटी घ्या. फळीच्या टोकांना करवतीच्या साहाय्याने ६ सें. मी. खोल खाचा पाडा. या खाचेमध्ये घट्ट बसेल एवढ्या जाडीचा सुमारे १० सें. मी. रुंदीचा एक लाकडी तक्ता घ्या. आकृतीत दाखविल्याप्रमाणे या तुकड्याचे दोन भाग करून एकास बाणाच्या पुढील भागासारखा व दुसऱ्यास बाणाच्या मागच्या भागासारखा आकार द्या.



ही बाणांची टोके तुकड्याच्या खाचात बसवा व सरसाने अगर चुका ठोकून पक्की करा. आता वातकुक्कुट चाकूच्या पात्यावर समतोल राहिल असा ठेवा व जेथे पात्याचा आधार द्यावा लागतो तेथे खूण करा. औषध घालण्याच्या ड्रॉपरचा काचेचा भाग घेऊन त्याचे निमुळते टोक गॅसच्या किंवा स्पिरिटच्या दिव्याच्या ज्योतीत धरून बंद करा. वातकुक्कुटाच्या फळीवर खूण केलेल्या ठिकाणी

ड्रॉपरच्या आकारापेक्षा थोडे मोठे भोक पट्टीच्या जाडीच्या $\frac{3}{4}$ खोलीपर्यंत पाडा. या भोकामध्ये ड्रॉपरचा निमुळता भाग घालून तो सरसाने अगर लांबीने पक्का बसवा.

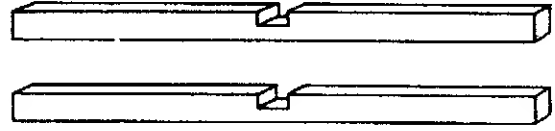
वातकुक्कुटाला आधार देण्यासाठी एक मीटर लांबीची मऊ लाकडाची एक काठी घ्या व तिच्या वरच्या टोकात



एक खिळा बसवा. खिळ्याचे वरचे टोक कानशीने घासून अणकुचीदार करा. या टोकावर ड्रॉपर ठेवला म्हणजे वातकुक्कुट तयार झाला. तो इमारतीच्या गच्चीवर किंवा जेथे वारा भरपूर आहे अशा उंच काठीच्या आधारावर ठेवा.

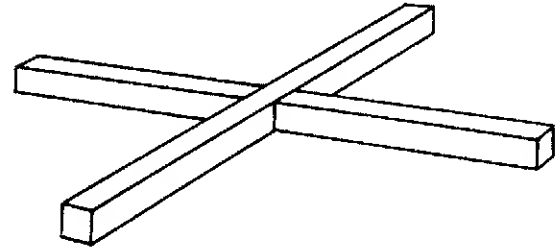
३. वाऱ्याचा वेगदर्शक (स्पीड-इन्डिकेटर)

एक चौ. सें. मी. मापाच्या सुमारे ५० सें. मी. लांबीच्या हलक्या (वजनाने) लाकडाच्या दोन पट्ट्या घ्या. प्रत्येक



पट्टीच्या मध्यभागी एक सें. मी. रुंदीची व ०.५ सें. मी. खोल खाच पाडा. दोन्हीच्या खाचा एकमेकांत बसवून क्रॉस तयार करा.

औषधाच्या ड्रॉपरपैकी काचेचा भाग घेऊन त्याचे निमुळते टोक ज्योतीमध्ये फिरवून बंद करा. वरील लाकडी क्रॉसच्या बरोबर मध्यावर $\frac{3}{4}$ भागापर्यंत भोक पाडा व त्यामध्ये हा काचेचा भाग सीमेंटने किंवा लांबीने पक्का बसवा. चार सिगारेटचे डबे किंवा लहान प्लॅस्टिकच्या थाळ्या घेऊन त्यापैकी एकेक लाकडाच्या चार टोकांना स्क्रू किंवा खिळ्यांच्या साहाय्याने बसवा. प्रत्येक डब्याचे



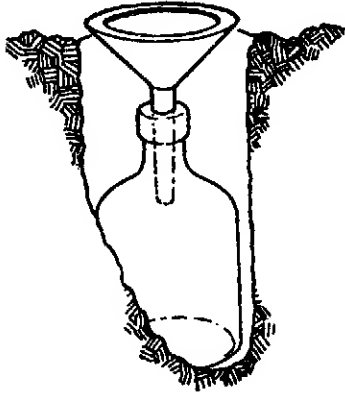
किंवा थाळीचे तोंड पट्टीच्या टोकाच्या एकाच बाजूला येईल अशी व्यवस्था करा. वातकुक्कुटाप्रमाणेच या वेगदर्शकास आधार देण्याकरिता एक काठी तयार करा. या काठीमध्ये खिळा बसवून त्याचा बाहेरील भाग कानशीने अणकुचीदार करा.

वारा सुरू झाला की वेगदर्शक फिरू लागेल. तीस सेकंदांमध्ये किती पूर्ण फेरे होतील ते मोजून त्या संख्येला ५ ने भागले म्हणजे अंदाजे ताशी वेग मैलामध्ये मिळू शकेल. दर ताशी किलोमीटरमध्ये वेग पाहिजे असेल तर वरील भागाकाराला ०.६२ ने पुन्हा भागावे.

दुसऱ्या एका पद्धतीने वान्याचा वेग काढण्याकरिता शांत वेळी मोटारमधून जावे. ड्रायव्हरला मोटारीचा वेग ताशी ५ मैल ठेवण्यास सांगून त्या वेळी तयार केलेला वेगदर्शक मोटारीच्या पुढच्या खिडकीतून बाहेर काढावा. या वेळी ३० सेकंदांमध्ये दर्शकाचे पूर्ण फेरे किती होतात ते मोजावे. मोटारीचा वेग ताशी १०, १५, २०, २५, ३०, ४० मैल असा ठेवून प्रत्येक वेळी पूर्ण फेरे मोजावे.

ज्या ठिकाणी सर्व दिशांनी वारा येऊ शकेल अशा ठिकाणी वेगदर्शक पक्का बसवावा.

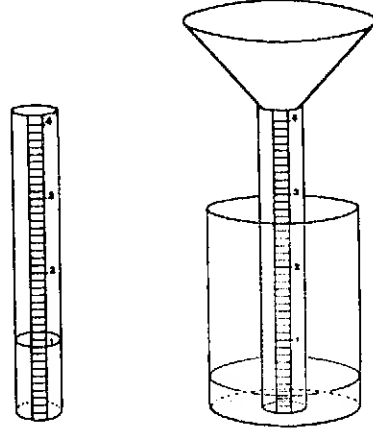
४. पर्जन्यमापक



एक बाटली व नरसाळे अगदी साधा पर्जन्यमापक तयार करता येईल. बाटलीत साठणाऱ्या पाण्याचे घनफळ मोजण्याकरिता मोजपात्राचा उपयोग करावा. नरसाळ्याच्या नळीचे टोक अगदी अणकुचीदार किंवा आडवे सपाट असावे. म्हणजे बाटलीत पडलेले पाणी उडून बाहेर जाणार नाही. नरसाळ्याचा काही सेंटिमीटर भाग वर राहिल इतपत हे पर्जन्यमापक जमिनीत पुरून ठेवावे.

५. पर्जन्यमापकाचा आणखी एक प्रकार

सुमारे १० सें. मी. व्यासाचे व १४ सें. मी. उंचीचे एक पत्र्याचे भांडे घ्या. या भांड्यात बसेल अशी सरळ बाजू असलेली सुमारे ३ सें. मी. व्यासाची व २५ सें. मी. उंचीची एक बाटली किंवा उभट भांडे घ्या. उदा. ऑलिव्ह तेलाची बाटली. एका टेबलावर मोठे भांडे ठेवून त्यामध्ये एक सें. मी. उंचीपर्यंत पाणी ओता. उभट बाटलीच्या बाहेरील बाजूस १ सें. मी. रुंदीची व बाटलीच्या उंचीइतकी लांब कागदाची पट्टी चिकटवा. आता मोठ्या भांड्यातील पाणी या उभट बाटलीत ओता व पाण्याची पातळी जेथे जाईल तेथे कागदाच्या पट्टीवर खूण करा. बाटलीच्या आतील तळापासून या खुणेपर्यंत अंतर मोजा. या प्रत्येक अंतराचे १० समान भाग करा, म्हणजे या लहान बाटलीचा उपयोग करून मिलिमीटर पर्यंत पाऊस मोजता येईल.



प्रथम उभट बाटलीवर नरसाळे ठेवून ते सर्व मोठ्या भांड्यामध्ये ठेवा म्हणजे पर्जन्यमापक तयार झाले. हे मापक सुरक्षित राहिल अशा मोकळ्या जागी ठेवा. पाऊस बेताचा असेल तर बाटलीने तो मोजता येईल. पाऊस खूप पडला तर बाटली भरून वाहणारे पाणी मोठ्या भांड्यात पडेल. हे पाणी बाटलीत भरून मोजता येईल. पाऊस इंचामध्ये मोजावयाचा असेल तर मोठ्या भांड्यामध्ये एक इंच उंचीपर्यंत पाणी ओतून तेच पाणी उभट बाटलीत ओता. पाण्याच्या पातळीप्रमाणे कागदाच्या पट्टीवर खूण करा आणि नंतर वरीलप्रमाणे खुणा करून घ्या.

इंच किंवा सेंटिमीटरमध्ये पाऊस मोजण्याचा उत्तम मार्ग म्हणजे खालील सूत्राचा उपयोग करून बाटलीची

व नरसाळ्याची त्रिज्या लक्षात घेऊन बाटलीवर खुणा करून घेणे.

$$\left. \begin{array}{l} \text{बाटलीमधील} \\ \text{इंच किंवा सें. मी.} \\ \text{मध्ये उंची} \end{array} \right\} = \frac{(\text{नरसाळ्याची त्रिज्या})^2}{(\text{बाटलीची त्रिज्या})^2}$$

६. ओल्या व कोरड्या फुग्याचा आर्द्रतामापक (हायग्रोमीटर)

दोन साधे कमी किमतीचे उष्णमापक घ्या. काही दिवस, दिवसातून बरेच वेळा दोन्ही उष्णमापकांवरील उष्णमान पहा व दोन्ही एकमेकांशी जुळणारे आहेत अशी खात्री करून घ्या.

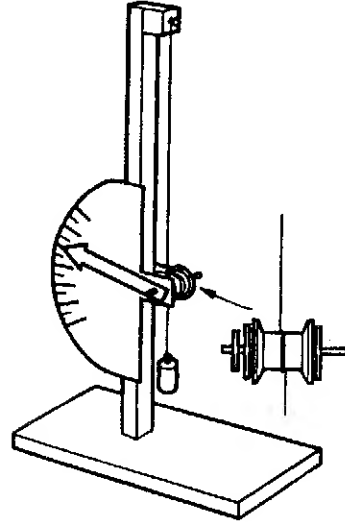
एका कार्डबोर्डच्या पुढ्यावर दोन्ही उष्णमापक एकमेकांपासून सुमारे १० सें. मी. अंतरावर बसवा. त्यांच्या पाऱ्याचा फुगा बोर्डाच्या बाहेर येईल व हवेशी संबंधित राहिल अशी व्यवस्था करा.

उजव्या बाजूच्या उष्णमापकाखाली पावसाच्या पाण्याने भरलेली एक लहानशी बाटली ठेवा. या उष्णमापकाच्या फुग्याला तागाच्या कापडाची किंवा मलमलीची वात गुंडाळा व तिचे दुसरे टोक बाटलीतील पाण्यात बुडवून ठेवा. या उपकरणाने हवेतील सापेक्ष आर्द्रता केव्हाही निश्चित करता येईल. हे उपकरण मोकळ्या हवेमध्ये टांगून ठेवा म्हणजे उष्णमापकाचा हवेशी जास्तीत जास्त संबंध येईल. उजव्या बाजूच्या उष्णमापकातील पारा जास्तीत जास्त खाली येईपर्यंत त्याच्या ओल्या फुग्यावर वारा घाला. आता ओल्या व कोरड्या फुग्याच्या उष्णमापकातील तापमान पाहून ठेवा. पहिले तापमान दुसऱ्यातून वजा करा व सापेक्ष आर्द्रता ठरविण्याकरिता परिशिष्ट 'ए' (जी) पहा. जर ४० हा आकडा मिळाला तर त्या वेळी कोरड्या फुग्याप्रमाणे हवेचे उष्णमान असताना तिच्यामध्ये जितकी जास्त पाण्याची वाफ असू शकेल त्याच्या फक्त शे. ४० वाफ हवेमध्ये आहे.

७. केसाचा आर्द्रतामापक

या उपकरणाचा उपयोग करून परिशिष्टातल्या तक्त्याशिवाय हवेची आर्द्रता ठरविता येईल. सुमारे ३० सें. मी. लांबीचे माणसाचे केस घ्या. यांचा तेलकटपणा

जाण्याकरिता ते कॉस्टिक सोड्याच्या द्रावणाने धुवा. आता आकृतीत दाखविल्याप्रमाणे एक लाकडी स्टँड घ्या. त्याच्या वरच्या टोकापासून खाली २/३ अंतरावर कण्याभोवती फिरते राहिल असे एक रील पत्र्याच्या आधारावर बसवा. कण्याच्या टोकाला बालसा लाकडाचा एक दर्शक जोडा व तो खुणा केलेल्या पोस्टकार्डासारख्या जाड पुढ्यावर फिरता राहिल अशी व्यवस्था करा. आता वरील केसांपैकी एक केस घेऊन



त्याचे २-३ वेढे रिळाला द्या व दुसऱ्या टोकाला ५० ग्रॅमचे वजन अडकवून केस ताठ ठेवा.

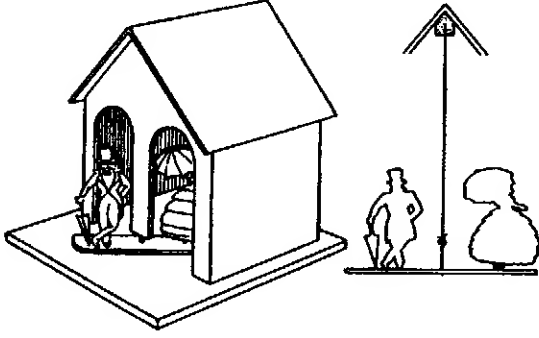
हवेच्या आर्द्रतेमुळे बदल होईल त्याप्रमाणे केसाची लांबी कमी-जास्त होईल व त्याप्रमाणे दर्शकाची हालचाल होईल.

एका प्रमाण आर्द्रतामापकाच्या साहाय्याने वरील उपकरणाच्या कार्डबोर्डवर योग्य अशा खुणा करून घ्याव्या. असा आर्द्रतामापक मिळत नसेल तर हे उपकरण बादलीत थोडे गरम पाणी घेऊन तीत ठेवावे व वर ओला टॉवेल गुंडाळावा, यामुळे दर्शकात जरूर ती हालचाल होऊन तो स्थिर झाला म्हणजे तेथे खूण करून १०० आकडा घालावा कारण बादलीतील हवा १०० टक्के आर्द्र असते.

इतर खुणा करण्याकरिता ओल्या व कोरड्या फुग्याच्या आर्द्रतामापकाचा उपयोग करावा. परिशिष्ट 'ए' मधील तक्त्यामध्ये नोंद असलेल्या सापेक्ष आर्द्रतेप्रमाणे या कार्डावर खुणा करून घ्याव्या. ३-४ प्रमुख खुणा झाल्या म्हणजे त्यामधील अंतराचे समान भाग करणे सोपे जाईल. पाच पाच भागांच्या अंतराने १०० पर्यंत खुणा कराव्या.

८. हवामान-घर

माणसाच्या केसांच्या काही धाग्यांवर पडणाऱ्या ताणात



होणाऱ्या बदलांवरून किंवा तातीच्या (आतड्यापासून तयार केलेल्या बारीक दोरीच्या) आर्द्रताविषयक गुणधर्माचा उपयोग करून वातावरणातील पाण्याच्या वाफेच्या प्रमाणात होणारा बदल दर्शविता येईल.

कार्डबोर्डचे साधे हवामान-घर तयार करता येईल. त्यात एक टोक छपराच्या आढ्यात बसविलेल्या बुचाला चिकटवून टाकावे. दुसऱ्या टोकाला एक आडवी फळी बसवून तीवर आकृतीत दाखविल्याप्रमाणे दोन आकृती बसवाव्या. तारेवर पडणाऱ्या पिळाची दिशा प्रयोगाने निश्चित करता येईल.

९. हवामान-चित्र

कोबाल्ट - क्लोराईड व मीठ २ : १ या प्रमाणात मिसळून त्यांचे द्रावण तयार करा. या द्रावणात पांढरा टीपकागद बुडवून टाका. कागद ओला असेपर्यंत गुलाबी दिसतो. परंतु तो सूर्यप्रकाशात किंवा दिव्याजवळ धरून वाळविला की त्याचा रंग निळा होतो.

या गुणधर्माचा उपयोग करून दुकानात विकत मिळणारी हवामान-चित्रे तयार केलेली असतात.

घरी तयार केलेली चित्रंही तितकीच उपयोगी पडतात. पुस्तकातील आकाश किंवा पाणी असलेले चित्र कापून घ्यावे व त्यातील आकाशाचा भाग कापून टाकून त्या ठिकाणी तयार केलेला टीपकागद बसवावा.

नंतर एका जाड पुठ्ठ्यावर चित्र डकवावे. हवेतील आर्द्रताविषयक बदलाचा ताबडतोब परिणाम होईल. अशा ठिकाणी खिडकीजवळ चित्र टांगून ठेवावे.

१०. हवामानाची नोंद करणे.

हवामानाची नोंद ठेवण्याकरिता कमी-जास्त मान दाखविणाऱ्या प्रमाणाची जरूरी असते.

तक्त्यामध्ये दिनांक, वेळ, उष्णमान, आकाश, वारा व पाऊस यांची नोंद करता येईल.

प्रत्येक दिवशी ठरावीक वेळीच नोंद करणे इष्ट असते. उष्णमापक उपलब्ध नसेल तर उष्णमानाची नोंद पुढीलप्रमाणे करता येईल :- अतिउष्ण, उष्ण, मध्यम, गार, थंड, फार थंड.

हवामानासंबंधीचे आंतरराष्ट्रीय संकेत ठरलेले आहेत. परंतु आपली नोंद सरकारी कामकाजाकरिता नसेल तर नेहमीकरिता ढोबळ संक्षिप्त कोष्टकाचा उपयोग करावयास हरकत नाही. वाऱ्याच्या वेगाचीही नोंद करता येण्याजोगी असते.

मंद वारा - धुराची हालचाल होते; परंतु वातकुक्कुट फिरत नाही.

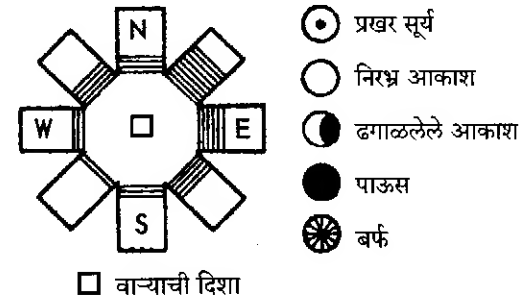
मध्यम वारा - धूळ उडते व झाडांच्या डहाळ्यात थोडीशी हालचाल होते.

जोराचा वारा - मोठ्या फांद्या हालतात.

सोसाट्याचा वारा - धूळ, पालापाचोळा वगैरे खूप उंच उडतो व संबंध झाडाची हालचाल होते.

तुफान वारा - झाडांच्या डहाळ्या तुटून पडतात.

दिनांक	वेळ	उष्णमान	आकाश	वारा	पाऊस

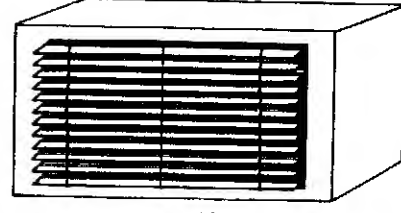


□ वाऱ्याची दिशा

N.-उत्तर, E.-पूर्व, S. - दक्षिण, W.-पश्चिम
वाऱ्याऒ्या रकान्यामध्ये बाण काढून त्याऒी दिशा दाखविता येईल. परंतु आकृतीत दाखविल्याप्रमाणे कागदाचा तारा तयार करून त्यामध्ये वाऱ्याऒी दिशा असेल त्याप्रमाणे दररोज रेषा काढली म्हणजे दिशेऒी जास्त स्पष्ट कल्पना येईल.

११. हवामानदर्शक उपकरणांकरिता पेटी तयार करणे.

हवामानदर्शक काही उपकरणे हवेमध्ये उपडी ठेवावी लागतात. उदा. वातकुक्कुट, वायुवेगदर्शक व पर्जन्यमापक. या उपकरणांचे धातूचे भाग गंजू नयेत म्हणून व्हॅसलीन किंवा रंग लावावा. याकरिता अल्युमिनिअमचा रंग जास्त चांगला असतो. वायुभारमापक, उष्णमापक व



आर्द्रतामापक या उपकरणांचे मात्र पाऊस आणि वारा यांपासून रक्षण करणे जरूर असते. ही उपकरणे एक बाजू उघडी असलेल्या लाकडी पेटीत ठेवावी. उपकरणे अशी ठेवावी की, पेटीच्या बंद बाजूंपैकी एक बाजू वर राहिल व दुसरी बाजू जमिनीवर राहिल. पेटीच्या उघड्या बाजूला, खिडकीत बसवितात, त्याप्रमाणे उतरत्या पट्ट्यांची चौकट बसवावी. त्यामुळे उपकरणाभोवती हवा खेळती राहिल, परंतु वारा व इतर घाण यांपासून त्याचे संरक्षण होईल.

आ. वारे आणि हवामान

१. हवा तापल्यामुळे प्रसरण पावते.

उष्णतेमुळे हवा प्रसरण पावते हे दाखविण्याकरिता एक निरुपयोगी झालेला विजेचा बल्ब किंवा बाटली घेऊन त्यास भोक असलेले बूच बसवा. या भोकामधून एक ३० सें. मी. लांबीची काचेची नळी किंवा गवताची पोकळ नळी बसवा. एका लहान बाटलीत थोडे पाणी घेऊन त्यामध्ये नळीचे बाहेरील टोक बुडवून बल्ब किंवा बाटली उलटी धरा व तापवा. काय होते ते पहा. बल्बमधील बरीचशी हवा बाहेर जाईपर्यंत तो तापवा आणि नंतर त्यावर गार पाणी ओतून किंवा बर्फाचे खडे घासून तो थंड करा. काय परिणाम दिसून येतो? त्याचे कारण काय असेल?

२. उष्णतेमुळे हवा प्रसरण पावते हे दाखविण्याकरिता आणखी एक प्रयोग

एका लहानशा बाटलीच्या तोंडावर एक रबरी फुगा बसवा. नंतर ही बाटली गरम पाण्यात ठेवा. काय दिसून येते? कारण काय असेल?

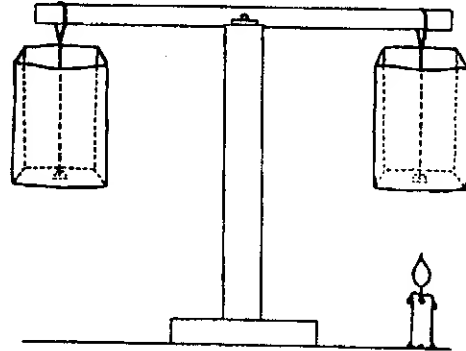
३. हवेचे प्रसरण

२ ते ३ लीटर आकारमानाच्या लहान तोंड असलेल्या डब्याला एक छिद्राचे बूच बसवा. छिद्रामधून एक छोटीशी काचेची नळी बसवून तिच्या बाहेरील तोंडावर रबरी नळी बसवा. आता एका मोठ्या भांड्यात पाणी घेऊन त्यामध्ये

एक पाण्याने भरलेली बाटली उपडी ठेवा व तिच्या तोंडामधून वरील रबरी नळी खालून आत सरकवा. डबा तापवा व त्यामुळे होणाऱ्या परिणामाचे निरीक्षण करा. त्याचे कारण सांगा.

४. गरम हवेपेक्षा थंड हवा जड असते.

(अ) सातव्या प्रकरणातील 'इ' विभागात दिल्याप्रमाणे हवेचे वजन मोजावयाचा एक तराजू तयार करा. दोन सारख्या आकाराच्या कागदी पिशव्या घ्या. सुमारे २० सें. मी. लांबीच्या दोऱ्यांचे एक टोक प्रत्येक पिशवीच्या



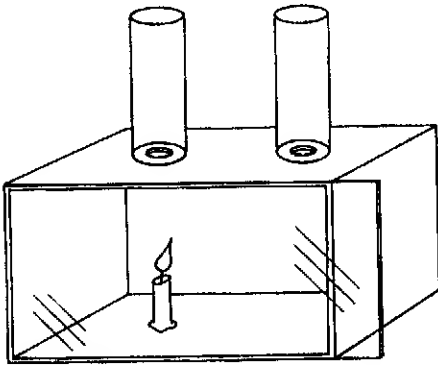
तळाशी स्कॉच टेपने चिकटवून टाका किंवा पिशव्यांच्या तळाशी एक भोक पाडून त्यामधून दोरा ओवून घ्या व बाहेर आलेल्या दोऱ्याच्या टोकास गाठ मारा. दोऱ्यांच्या दुसऱ्या टोकाशी फास तयार करा व तराजूच्या दांडीमध्ये

अडकवून टाका. दांडीच्या टोकाशी एक एक पिशवी आणा. या पिशव्या जरूर तेवढ्या मागे-पुढे सरकवून तराजूची दांडी समतोल राहिल अशी व्यवस्था करा. मेणबत्ती पेटवून एका पिशवीखालील हवा तापवा. काय परिणाम दिसून येतो? तराजू काही मिनिटे तसाच ठेवून काय होते ते पहा. आता दुसऱ्या पिशवीच्या खालील हवा तापवा. कोणता परिणाम दिसून येतो? कारण सांगा.

(आ) गरम व थंड हवेच्या वजनातील फरक लक्षात येण्याकरिता पिशव्यांच्या ऐवजी चंबू वापरूनही प्रयोग करता येईल. दोऱ्याचा फास तयार करून चंबू तराजूच्या दांडीला अडकवा. चंबू मागे पुढे सरकवून तराजू समतोल करा व एक चंबू हळूहळू तापवा. परिणामाचे निरीक्षण करा. चंबू हळूहळू थंड होऊ द्या व काय घडते ते पहा. आता दुसरा चंबू तापवून पहा. चंबूऐवजी विजेचे निरुपयोगी झालेले बल्ब वापरले तरी हा प्रयोग चांगला होईल.

५. अभिसरण पेटी

एक साधी पेटी वापरून वारे का वाहतात हे दाखविता येईल. काचेचे तावदान झाकण म्हणून घट्ट बसविता येईल अशी एक लोखंडी किंवा कार्डबोर्डची पेटी घ्या. खडूच्या लाकडी पेटीला खाच किंवा खोबण असेल तर तिच्यात काच बरोबर बसविता येते तेव्हा ही पेटी जास्त चांगली. तिच्या खाचमध्ये बरोबर बसेल अशी काच कापून घ्या. पेटीच्या मोठ्या बाजूवर दोन्ही कडांच्याजवळ सुमारे २.५ सें. मी. ते ३ सें. मी. व्यासाची दोन भोके पाडा. ही बाजू वर करून पेटी ठेवावी. प्रत्येक भोकावर कंदिलाची चिमणी ठेवा. चिमण्या मिळाल्या नाहीत तर सुमारे १५ सें. मी. लांबीच्या नळ्या चालतील. पेटीमध्ये एका भोकाखाली एक छोटीशी मेणबत्ती ठेवून ती पेटवा. सूर्यामुळे



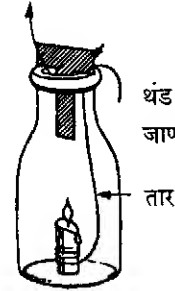
■ युनेस्को - विज्ञान घरातलं, विज्ञान शाळेतलं / ८८ ■

जमिनीवरील हवा कशी तापते याचे हे प्रात्यक्षिक होय. पेटीला काच बसवा व मेणबत्ती नळ्यांच्या तोंडाशी धरून धूर कसा जातो हे पहा. प्रत्येक चिमणीमध्ये हवेचा प्रवाह कसा आहे हे धुरामुळे दिसून येईल. पेटीमध्ये हवेची हालचाल कशी होते तेही पहा. आता मेणबत्ती दुसऱ्या चिमणीखाली ठेवून हाच प्रयोग पुन्हा करा. हवेचा प्रवाह कसा दिसतो? याचे कारण काय असेल? या प्रवाहास अभिसरण प्रवाह म्हणतात.

६. अभिसरण प्रवाहाची दिशा निश्चित करणे.

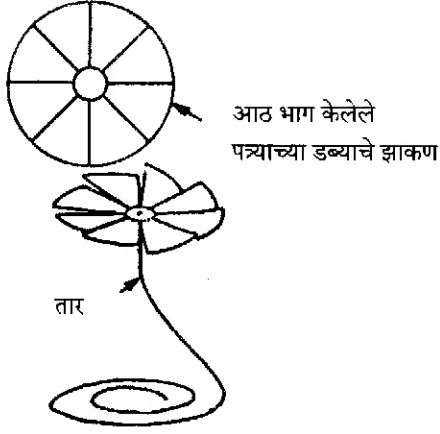
- पेटलेल्या मेणबत्तीला वारा अजिबात लागू देऊ नका. तिच्याभोवती धूर निघत असलेला कागदाचा तुकडा अगर मेणबत्ती फिरवून हवेच्या प्रवाहाची दिशा ठरवा.
- गरम व थंड खोल्यांच्यामध्ये असलेले दार थोडेसे उघडा. जमिनीपासून वरपर्यंत वेगवेगळ्या ठिकाणी धूर निघत असलेला कागदाचा तुकडा धरून प्रवाहाची दिशा निश्चित करा.
- शक्य असेल तर रेडिएटरने किंवा स्टोव्हने गरम झालेल्या खोलीमध्ये हवेचे प्रवाह कसे सुरू होतात ते पहा.
- वरच्या आणि खालच्या बाजूस खिडकी असलेल्या खोलीमध्ये हवेचा प्रवाह कसा सुरू होतो ते पहा.
- मेणबत्तीभोवती तार गुंडाळून ती पेटवा व दुधाच्या बाटलीत सोडा. काय दिसून येते? बाटलीत पुन्हा स्वच्छ हवा येऊ द्या. पेटवलेली मेणबत्ती बाटलीत पुन्हा सोडा. मात्र या खेपेस आकृतीत दाखविल्याप्रमाणे इंग्रजी 'टी' (T) च्या आकाराचा कार्डबोर्डचा तुकडा बाटलीच्या तोंडावर ठेवा. कार्डबोर्डच्या प्रत्येक बाजूस प्रवाहाची दिशा कशी आहे ते पहा.

गरम हवेचा वर जाणारा प्रवाह



थंड हवेचा खाली जाणारा प्रवाह

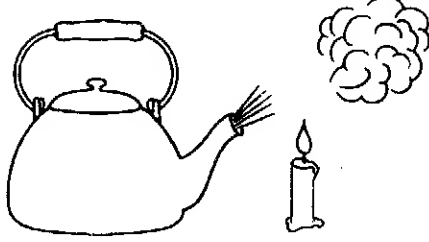
तार



(ऊ) धातूच्या डब्याचे झाकण यंत्राने बरोबर कापून काढून एक वर्तुळाकार तबकडी तयार करा. तिच्या बरोबर मध्यावर लहानसा खळगा किंवा लहानशी खाच पाडा. परिघापासून मध्यापर्यंत थोड्या थोड्या अंतरावर तबकडी कापून पाती तयार करा. प्रत्येक पात्यास एकाच दिशेने मुरड घाला. अशा प्रकारे तयार झालेले चाक तारेत अडकवून ते पेटवलेल्या मेणबत्तीवर किंवा उष्णता देणाऱ्या कोणत्याही साधनावर धरा. चाक काळजीपूर्वक तयार केले असेल तर ते रेडिएटवर किंवा विजेच्या दिव्यावर धरले तरी फिरू लागेल.

इ. हवेमध्ये ओलावा कसा घेतो?

१. वातावरणातील ओलावा दिसत नाही.



तोटी असलेल्या भांड्यात (उदा., चहाची किटली किंवा तांब्याचे भांडे) पाणी घेऊन ते विस्तवावर ठेवा. अशा प्रकारचे भांडे मिळत नसेल तर एक चंबू घेऊन त्यास एक भोक असलेले बूच बसवा. चंबूत थोडे पाणी घेऊन तो ज्योतीवर तापवा. पाणी उकळून वाफ तोटीतून बाहेर येऊ लागली म्हणजे ढग तयार होऊन हवेत जात असलेले दिसतील. हे ढग म्हणजे पाण्याची वाफ नव्हे; ते द्रवीभूत (कन्डेन्सड) पाणी असते. वाफ बाहेर येत असताना तोटीजवळील भागाचे निरीक्षण करा. काय दिसते? आता बाहेर येणाऱ्या ढगाच्या (द्रवीभूत पाणी) खाली पेटविलेली मेणबत्ती किंवा दिवा धरा. काय होते? पाणी जाते कोठे?

२. दांडापोतेच्या वजन कमी होत जाते.

एक दांडापोतेरे पाण्यात मिसळून पिळून टाका. टेबलाच्या कोपऱ्यावर तिकोनी कानशीच्या धारेवर दांडा समतोल राहिल अशा रीतीने ठेवा. एक तासाभराने दांड्याचे निरीक्षण करा. काय दिसून येते? याचे कारण काय? पोतेच्यातील पाणी गेले कोठे?

३. ओलाव्याचे वजन करणे.

वरील प्रयोग आंधोळीचा टॉवेल वापरूनही करता येईल. टॉवेल पाण्यात भिजवून तो पिळून टाका. तो कोटाच्या अडकवणीवर (हॅंगर) टांगून ती अडकवणी टेबलाच्या कोपऱ्यावर ठेवलेल्या तिकोनी कानशीच्या धारेवर एका काठीच्या टोकाला लटकवून काठी समतोल करा.

४. मातीमधून पाण्याची वाफ निघून जाते.

एका फुलदाणीमध्ये ओलसर माती घेऊन ती तराजूच्या एका पारड्यात ठेवा. दुसऱ्या पारड्यात वजने ठेवून तराजू समतोल करा किंवा फुलदाणीचे वजन करा. २४ तासांनंतर तिचे वजन पुन्हा करून पहा.

५. घरातील किंवा बागेतील वनस्पतींमधून पाण्याची वाफ बाहेर पडते.

घरातील किंवा बागेतील वनस्पतींच्या पानांवर सेलोफेनची पिशवी घालून ती देठाशी रबरी पट्टीने बांधून टाका. एक तासांनंतर पिशवीच्या आतील बाजूचे निरीक्षण करा. काय दिसते? पाण्याचे थेंब कोठून आले?

६. इतर वनस्पतींपासूनही पाण्याची वाफ हवेत येते.

सुमारे १० ते १५ सें. मी. उंचीपर्यंत वाढलेली द्विदल धान्याची किंवा वाटाण्याची रोपे असलेली एक कुंडी घ्या. कुंडीच्या काठावर सेलोफेन किंवा रबरी तुकड्याचे आच्छादन घालून ते खोडाभोवती टाचण्यांनी बंद करून टाका व कुंडीतील माती पूर्णपणे झाकली जाईल अशी काळजी घ्या आता रोपावर एक स्वच्छ व कोरडी केलेली काचेची बरणी

उलटी ठेवा. तासाभराने आतील बाजूचे निरीक्षण करा. काय आढळते? पाण्याची वाफ कोठून आली?

७. उच्छ्वासामध्ये पाण्याची वाफ असते.

थंड आरशावर, काचेवर किंवा बाटलीवर फुंकर घालून उच्छ्वासामध्ये पाण्याची वाफ असते हे दाखविता येईल.

८. गॅसच्या ज्योतीमधून येणारी पाण्याची वाफ.

गॅसच्या ज्योतीमधून पाण्याची वाफ बाहेर पडते हे दाखविण्याकरिता थंड पाणी असलेली थाळी थोडा वेळ स्टोव्हवर धरावी. नंतर थाळी बाजूला करून तिच्या तळाचे निरीक्षण करा.

९. इतर ज्योतींपासूनही पाण्याची वाफ मिळते.

फळ्याच्या थंड पृष्ठभागाजवळ मेणबत्तीची ज्योत काही वेळ धरा. गॅसचा दिवा, स्पिरिटचा दिवा, पेटलेला कागद किंवा पेटलेले लाकूड घेऊन हाच प्रयोग करून पहा. पृष्ठभागावर काय परिणाम होतो? ओलसरपणा कोठून आला?

१०. बाष्पीभवन क्षेत्रफळावर अवलंबून असते.

एका मोजपात्रात ५० मिलीलीटर पाणी घेऊन ते त्यापेक्षा जास्त व्यास असलेल्या भांड्यात ओता. मोजपात्रात पुन्हा ५० मिलीलीटर पाणी घ्या. उष्णमान व हवेच्या हालचाली समान असतील अशा ठिकाणी ही भांडी शेजारी-शेजारी ठेवा. दुसऱ्या दिवशी दोन्ही भांड्यांतील

ई. हवेतील पाण्याची वाफ बाहेर कशी पडते?

१. थंड पृष्ठभागावर हवेतील वाफेचे पाणी होते.

एका चकचकीत पत्र्याच्या तांब्यात थोडा बर्फ ठेवा. काही वेळानंतर डब्याच्या बाहेरील पृष्ठभागाचे निरीक्षण करा. तुम्हांस काय आढळते? पाणी कोठून आले?

२. जलचक्र



उकळी फुटेपर्यंत पाणी तापवा. यातील काही पाणी पिण्याच्या काचेच्या पेल्यात घेऊन पेल्यातील आतील बाजू वरपर्यंत ओली होईपर्यंत पेला फिरवत रहा. आता एका चंबूमध्ये

शिल्लक असलेले पाणी मोजा. बाष्पीभवनावर कशाचा परिणाम झाला आहे?

११. बाष्पीभवन उष्णमानावर अवलंबून असते.

फळ्यावरील किंवा पाटीवरील काही भाग उन्हात ठेवून किंवा तापवून गरम करा. या गरम भागावर व त्याच्या शेजारच्याच थंड भागावर समान आकाराचा पाण्याचा थेंब टाका. थेंबांचे निरीक्षण करून काय होते ते पहा.

१२. बाष्पीभवन वाऱ्यावर अवलंबून असते.

एका फळ्याच्या पृष्ठभागावरील समान आकाराचा भाग ओल्या फडक्याने किंवा स्पंजने ओला करा. एका भागावर पंख्याने वारा घाला व दुसरा भाग तसाच ठेवा. दोन्ही ठिकाणांच्या बाष्पीभवनामध्ये कोणता फरक दिसून येतो?

१३. बाष्पीभवन हवेतील आर्द्रतेवर अवलंबून असते.

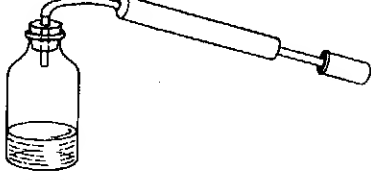
सुमारे ३० सें. मी. चौरस व ३ सें. मी. जाड असलेली लाकडी चौकट किंवा कडे घेऊन त्यावर कापड ताणून बांधा व ते ओले करा. आता एका थंड फळ्याचा काही पृष्ठभाग दोन ठिकाणी ओला करा. एक भाग वरील चौकटीने झाकून टाका व दुसरा तसाच उघडा ठेवा. काही वेळाने प्रत्येक भागाचे निरीक्षण करा. कोणत्या ठिकाणी जास्त बाष्पीभवन झाले आहे? चौकटीच्या आतील दमट हवेचा बाष्पीभवनावर काय परिणाम होतो?

अगदी थंड पाणी घेऊन तो आकृतीत दाखविल्याप्रमाणे पेल्यावर ठेवा. गरम पाण्याचे बाष्पीभवन होईल, बाष्पीभवन पाण्याचे चंबूच्या थंड पृष्ठभागामुळे द्रवीभवन होईल व पाणी थेंबांच्या रूपाने पेल्यात पडेल. अशा रीतीने बाष्पीभवन, द्रवीभवन व क्षपण अशा तीन क्रिया पहावयास मिळतील. हीच क्रिया निसर्गामध्ये घडत असते.

३. दव-बिंदूचे उष्णमान

चकचकीत पत्र्याचा डबा, पाणी, उष्णमापक व काही बर्फ वापरून दव-बिंदूचे तापमान मोजता येईल. हे तापमान म्हणजे हवामान-नोंदणीचे एक प्रमुख अंग आहे. ज्या उष्णमानाला हवेतील वाफेचे पाणी होण्यास सुरुवात होते, त्यास 'दव-बिंदूचे तपमान' म्हणतात. प्रत्येक दिवशी हे तापमान बदलत असते. डब्याची बाहेरील बाजू कोरडी व चकचकीत असल्याची खात्री करून घ्या. डब्यामध्ये थोडेसे

पाणी घेऊन तो एका छापील कागदावर ठेवा. छापील अक्षरे चकचकीत पृष्ठभागामध्ये दिसली पाहिजेत. डब्यामध्ये उष्णमापक ठेवा. आता थोड्या थोड्या वेळाने पाण्यात बर्फ टाका व पाणी उष्णमापकाने हलवा. उष्णमापक बारकाईने पहा व पृष्ठभागावर दव दिसावयास सुरुवात झाली की उष्णमानाची नोंद करा. हे जवळजवळ दव पडण्याचे उष्णमान होईल.

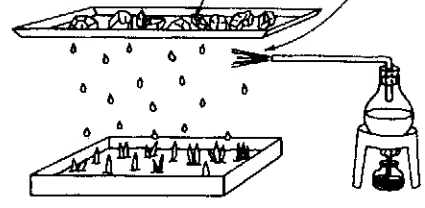


४. बाटलीत ढग

तुम्हांला एखाद्या बाटलीत ढग तयार करता येईल. एक मोठी काचेची बाटली घ्या. तिला भोक असलेले रबरी बूच बसवा. भोकामध्ये १० सें. मी. लांबीची काचेची नळी बसवा. बाटलीत २.५ सें. मी. उंचीपर्यंत गरम पाणी घ्या व त्यावरील हवेमध्ये खडूची बारीक पूड झटकवा. काचेची नळी रबरी नळीच्या साहाय्याने पंपाला जोडा. बूच घट्ट धरा व पंपाने बाटलीत हवा भरा. बाटलीत हवेचा दाब वाढला म्हणजे बुचावरील हात काढून घ्या व काय होते ते पहा. चांगला ढग तयार झालेला दिसला नाही तर पाण्यावर आल्कोहोलचे काही थेंब टाकून हा प्रयोग पुन्हा करा. हवा प्रसरण पावते तेव्हा थंड होते. त्यामुळे बाटलीमधील उष्णमान दवबिंदूपेक्षा कमी होते व तेथील वाफेचे ढगात रूपांतर होते. जेव्हा पृथ्वीवरील हवा गरम होते तेव्हा ती वर जाते व तिचा दाब कमी होतो. ही हवा प्रसरण पावते व थंड होते. तिचे तापमान दवबिंदूपेक्षा कमी झाले म्हणजे ढग तयार होऊ लागतात.

५. पावसाचे चक्र

तुम्ही वर्गामध्ये पावसाच्या चक्राची छोटी प्रतिकृती तयार करू शकाल. टेबलावर वनस्पतीची रोपे असलेली एक पेटी ठेवा. या पेटीच्या वर सुमारे ३० ते ४० सें. मी. अंतरावर एका धातूच्या ट्रेला आधार देऊन तो स्थिर राहिल अशी योजना करा. या ट्रेच्या वरच्या भागात बर्फाचे खडे पसरून ठेवा. चहाच्या किटलीमध्ये किंवा चंबूमध्ये पाणी घेऊन ते तापवा व तयार होणारी पाण्याची वाफ ट्रे व रोपे



यांच्यामध्ये येईल अशी व्यवस्था करा. इतकी तयारी झाल्यानंतर प्रयोगास सुरुवात करता येईल. किटली किंवा चंबूतील पाणी म्हणजेच पृथ्वीवरील पाण्याचे साठे होत. यातील पाण्याचे बाष्पीभवन होऊन वाफ थंड ट्रेपर्यंत जाते. हा ट्रे म्हणजेच पृथ्वीच्या अगदी वरच्या बाजूस असलेले थंड हवेचे थर होय. या ठिकाणी वाफेचे सांद्रीभवन (कन्डेन्सेशन) होते व पाणी थेंबाथेंबाने पावसाच्या रूपात रोपांवर पडते.

६. वर्गामध्ये गोठवण (फ्रॉस्ट) किंवा हिमीभवन

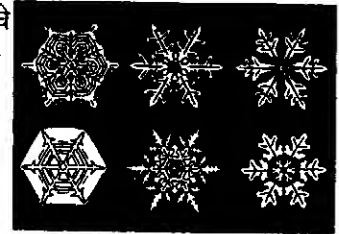
धातूचा उंच डबा वापरून गोठवणाची क्रिया वर्गामध्ये घडवून आणता येईल. डब्यामध्ये एकावर एक असे बर्फाचे व मिठाचे थर घाला. मिठाच्या दुप्पट बर्फाचा थर असावा. हे थर काठीने ठासून घ्या. डबा पूर्ण भरला म्हणजे त्याच्या बाहेरील बाजूचे निरीक्षण करा. काही दवबिंदू दिसतील. ते गोठत असल्याचे नजरेस येईल. त्याबरोबरच पांढरे स्वच्छ बर्फ तयार होत असल्याचेही दिसेल. काही वेळाने डब्याची बाहेरील बाजू पांढऱ्या हिमाने आच्छादित झालेली दिसेल.

७. गारेचे निरीक्षण करणे.

गारा पडत असताना काही गारा जमा करा. त्यांचे दोन समान भाग करा. गार अनेक थरांनी कशी बनलेली असते त्याचे निरीक्षण करा.

८. बर्फाच्या तुकड्यांचे निरीक्षण करणे.

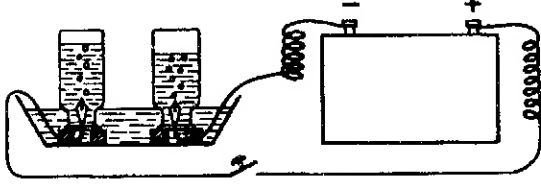
बर्फ पडणाऱ्या देशात तुम्ही राहत असाल तर काळ्या लोकरीच्या कापडावर पडलेल्या बर्फाचे काही कळपे घ्या व बृहत-दर्शक भिंगामधून त्यांचे निरीक्षण करा. तुम्हास पुष्कळ वेगवेगळे प्रकार दिसतील. मात्र प्रत्येक आकार षट्कोनीच असल्याचे निसर्गातील अतिसुंदर वस्तू होय.



पाण्याच्या अभ्यासाकरिता प्रयोग व साहित्य

अ. पाण्याची घटना

१. पाण्याचे पृथक्करण



या मनोरंजक प्रयोगाकरिता ६ व्होल्ट दाबाची विद्युतबॅटरी, विद्युत-संचायक किंवा सहा निर्द्रव विद्युत-घटांची जरूरी असते.

प्रत्येकी निदान ३० सें. मी. लांबी असलेल्या तांब्याच्या दोन तारा घ्या. प्रत्येकीच्या टोकाकडील ६ सें. मी. लांबीच्या भागावरील वेष्टन काढून टाका. दोन जुन्या फाउंटन पेनची सोनेरी निफे घेऊन त्याभोवती वेष्टनरहित तारांचा भाग गुंडाळा. जोडावर लाखेचे आच्छादन द्या म्हणजे तारा उघड्या पडणार नाहीत. बॅटरीच्या प्रत्येक ध्रुवाला तांब्याची तार जोडा. आता काचेची एक पसरट उथळ बशी पाण्याने निम्मी भरा. दोन लहान बाटल्या पाण्याने भरून त्यावर पसरट भांड्यातील पाण्यात ठेवा. पाण्यात लाकडाचे दोन लहान तुकडे ठेवून त्यावर या बाटल्या ठेवा, म्हणजे त्या तळापासून थोड्याशा वर राहतील. आता प्रत्येक बाटलीत खालून निफे अगदी काळजीपूर्वक सरकवून द्या.

पाण्यात दोन चहाचे चमचे गंधकाम्ल टाका व ते पाण्यात चांगले मिळसण्यास थोडा अवधी द्या. गंधकाम्ल वापरताना अतिशय काळजी घ्या; कारण त्यामुळे कातडी जळते व ते कापडावर पडले तर त्यास भोके पडतात. कोणत्याही औषधी दुकानात किंवा बॅटरी सर्व्हिस स्टेशनमध्ये अगर रासायनिक प्रयोगशाळेत गंधकाम्ल मिळते.

सर्व तयारी पूर्ण झाल्यानंतर विद्युत प्रवाह चालू करा. प्रयोग पूर्ण होण्यास थोडा वेळ लागेल. प्रत्येक बाटलीत काय घडून येते ते पहा. दोन्ही बाटल्या समान आकाराच्या असतील तर पट्टीच्या साहाय्याने जमा झालेला वायू मोजता येईल. वायूचे प्रमाणे कसे ठरवाल?

बाटलीमध्ये वायू जमा झाला म्हणजे प्रत्येकीच्या तोंडावर काचेची झाकणे बसवा. ज्या बाटलीत वायू भराभरा जमा झाला ती बाहेर काढून झाकणासह उलटीच ठेवा. ज्यामध्ये वायू सावकाश जमा झाला ती बाटली बाहेर काढून झाकणासह सुलटी करा. या बाटलीत लाकडाची जळती कपची धरून काय परिणाम होतो ते पहा. त्यावरून या बाटलीत प्राणवायू असल्याचे लक्षात येईल. उलट्या ठेवलेल्या बाटलीचे झाकण बाजूस करून तिच्या तोंडाशी पेटलेल्या लाकडाची ढलपी धरा. काय होते? हा वायू हायड्रोजन होय. पाण्याचे सूत्र H_2O (हाय. ऑ. दोन भाग हैड्रोजन व एक भाग प्राणवायू) असल्याचे तुम्हास माहित आहे का?

२. प्राणवायू कसा तयार करता येईल?

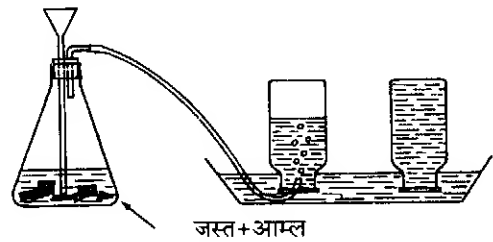
सातव्या प्रकरणातील 'अ- ९ व १०' या परिच्छेदामध्ये प्राणवायू कसा तयार करतात त्याची माहिती दिलेली आहे.

३. प्राणवायूसंबंधी काही प्रयोग

सातव्या प्रकरणातील 'अ-१०, ११, १२ व १३ या परिच्छेदामध्ये काही प्रयोगांची माहिती दिलेली आहे.

४. हायड्रोजन कसा तयार करता येईल?

जस्तासारख्या धातूवर सौम्य गंधकाम्लाची किंवा लवणाम्लाची क्रिया झाली म्हणजे हायड्रोजन वायू तयार होतो. कोणत्याही औषधी दुकानात आम्ल मिळते. मात्र ते वापरताना हातावर व कपड्यावर पडणार नाही अशी खबरदारी घेतली पाहिजे. निर्द्रव विद्युत-घटाच्या बाहेरील



आच्छादनापासून जस्त मिळविता येईल. हे जस्त अगदी स्वच्छ करा व त्याचे २.५ चौ. सें. मी. मापाचे तुकडे करा. आता एक काचेचा चंबू किंवा बाटली घ्या. त्यामध्ये

जस्ताचे तुकडे घालून दोन भोके असलेले रबरी बूच बसवा. एका भोकात लांब नळीचे नरसाळे घालून नळीचे टोक चंबूच्या तळापर्यंत जाईल असे बसवा. तिला बाहेरून ३० ते ४० सें. मी. लांबीची रबरी नळी जोडा. एक पसरट भांडे पाण्याने निम्मे भरून त्यात पाण्याने भरलेल्या बाटल्या उलट्या ठेवा. रबरी नळीचे दुसरे टोक या बाटलीच्या तोंडातून आत सरकवा. आता नरसाळ्यामधून जस्तावर सौम्य आम्ल ओता. रबरी नळीमधून उत्पन्न झालेला हायड्रोजन बाटलीमध्ये जाईल. बाटली वायूने पूर्ण भरली म्हणजे तिला काचेचे झाकण बसवून ती बाहेर काढा व टेबलावर उलटीच ठेवा. हा प्रयोग चालू असताना सर्व प्रयोगसाहित्य ज्योतीपासून दूर ठेवा. कारण हायड्रोजन व हवा यांचे मिश्रण स्फोटक असते.

५. हायड्रोजन जळतो का?

हायड्रोजन वायूने भरलेली एक बाटली थोडीशी वर उचलून तीमध्ये पेटविलेली लाकडाची ढलपी आत सरकवा. नंतर ती हळूहळू बाहेर काढा. काय परिणाम दिसून येतो? हायड्रोजन वायू जळतो का? तो प्राणवायूप्रमाणे ज्वलनास मदत करतो का?

६. हायड्रोजन जळतो तेव्हा काय निर्माण होते?

आ. पाणी शुद्ध कसे करता येईल?

१. गाळणी तयार करणे.

दुसऱ्या प्रकरणातील 'क' विभागातील सातव्या क्रमांकात दिल्याप्रमाणे एका कुंडीच्या तळाशी भोकात कापूस बसवून व त्यावर वाळूचा काही इंच थर देऊन गाळणी तयार करता येईल.

एका भांड्यात पाणी घेऊन त्यात माती मिसळा म्हणजे गढूळ पाणी तयार होईल. हे पाणी गाळणीत ओता व काही वेळाने तळाच्या भोकातून बाहेर येणारे पाणी एका काचेच्या स्वच्छ भांड्यात जमा करा. एकावर एक वाळूचा व कोळशाच्या भुकटीचा थर देऊन एक चांगली गाळणी तयार करता येईल. या गाळणीचा उपयोग करून पिण्याचे पाणी तापविण्यापूर्वी स्वच्छ करून घेता येईल.

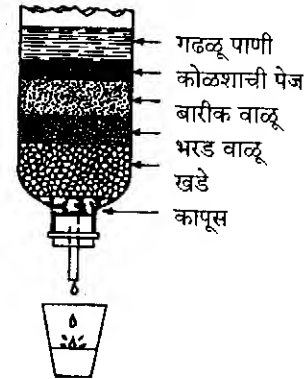
२. प्रायोगिक गाळणी तयार करणे.

एक मोठीशी दिव्याची काचेची चिमणी घेऊन तिच्या लहान तोंडाला एक छिद्र असलेले बूच बसवा. या छिद्रामधून एक लहानशी काचेची नळी घाला. चिमणीच्या तळाशी बुचाच्या वर थोडासा कापूस बसवा. त्यावर स्वच्छ

रबरी नळीच्या बाहेरील टोकास एक लहानशी काचेची नळी जोडा. चंबूतील जस्तावर आम्ल ओतून हायड्रोजन तयार करा. काचेच्या नळीतून हायड्रोजन वायू येऊ लागला की तेथे पेटविलेली लाकडी ढलपी धरा. हायड्रोजन संथपणे जळत राहील व फिकट निळी ज्योत दिसेल. या ज्योतीवर एक थंड बशी किंवा धातूचा तुकडा धरा. काय तयार होते ते पहा. हायड्रोजन जळल्यामुळे म्हणजेच त्याचा प्राणवायूशी संयोग झाल्यामुळे पाणी तयार झाले.

७. हायड्रोजनने साबणाने फुगे उडविणे.

साबणाने फुगे चांगले होती असे साबणाचे तीव्र द्रावण तयार करा. एक चिनी मातीची नळी किंवा नरसाळे असलेली काचेची नळी रबरी नळीच्या शेवटी जोडा. जस्तावर आम्लाची क्रिया होऊन हायड्रोजन बाहेर येऊ लागला. म्हणजे नरसाळे साबणाच्या पाण्यात बुडवून बाहेर काढले की बुडबुडा तयार होईल. फुगा मोठा झाल्यावर नरसाळ्यास थोडा धक्का द्या म्हणजे हायड्रोजनयुक्त फुगा सुटून वर जाईल. एका लांब काठीच्या टोकाला पेटविलेली मेणबत्ती बसवून ज्योतीने वर गेलेल्या फुग्याना स्पर्श केला म्हणजे फुगे पेट घेतील व गंमत होईल.



खड्यांचा एक थर ठेवा. त्यावर धुवून स्वच्छ केलेल्या भरड वाळूचा थर द्या. त्यानंतर अगदी बारीक वाळू धुवून घ्या व तिचा जाडसा थर द्या. लाकडी कोळशाची बारीक पूड करून ती पाण्यात पेजेइतपत पातळ कालवा. ही पेज वाळूवर सारखी ओता. आता वरच्या बाजूस गढूळ पाणी ओता. अगदी खालच्या काचेच्या नळीतून पाणी खाली पडू लागले म्हणजे ते एका स्वच्छ भांड्यात जमा करा.

३. पाणी उकळून शुद्ध करणे.

पाण्यामध्ये बारीक जीवजंतू व सजीव असल्यामुळे ते अशुद्ध झालेले असते. हे जंतू व वनस्पती सूक्ष्मदर्शक यंत्राशिवाय दिसत नाहीत. पाणी तापविल्यामुळे यांच्यावर परिणाम काय होतो ते आपणास पाहता येईल. ज्यामुळे सजीव रोगजंतूचे शरीर बनलेले असते तो पदार्थ व अंड्यातील पांढरा बलक यांची रासायनिक घटना एकच प्रकारची असते.

एक परीक्षानळी किंवा चंबू पाण्याने निम्मा भरा व पाणी उकळू लागेपर्यंत तापवा. त्यामध्ये अंड्यातील पांढऱ्या बलकाचे काही थेंब टाका. संबंध अंडे उकळले किंवा अंड्यातील बलक तापवला असता बदल होतो तसा बदल पाण्यात टाकलेल्या पांढऱ्या बलकात होतो. बलक घट्ट होतो; साखळतो. असाच बदल पाणी उकळले असता त्यातील उपद्रवी रोगजंतूंमध्ये होत असला पाहिजे.

४. पाण्याचे ऊर्ध्वपातन करण्याकरिता साधे उपकरण तयार करणे.

एक चंबू व काचेची किंवा रबरी नळी घेऊन ऊर्ध्वपातनाचे साधे साधन तयार करता येईल. चंबूला एक भोक असलेले बूच बसवा किंवा एक लहानशी काचेची



नळी असलेले बूच बसवा. आकृतीत दाखविल्याप्रमाणे ६० सें. मी. लांबीची काचेची वाकविलेली नळी घ्या किंवा रबरी नळी उपयोगात आणा. रबरी नळी बुचातील काचेच्या नळीला जोडा. ऊर्ध्वपातित जल जमा करण्याकरिता चंबू, पिण्याचा ग्लास किंवा काचेच्या बाटलीचा उपयोग करा. तापवयाच्या चंबूमध्ये गढूळ पाणी घेऊन त्यामध्ये शाई किंवा एखादा रंग टाका. पाणी दिव्याच्या ज्योतीवर तापवा.

५. ऊर्ध्वपातनाचे मोठे साधन तयार करणे.

दुसऱ्या प्रकरणांमध्ये 'इ' विभागातील चवथा आकडा पहा.

६. लीबिगचा शीतक कसा तयार करावा.

दुसऱ्या प्रकरणांमध्ये 'इ' विभागातील सहावा आकडा पहा.

इ. जड व हलके पाणी

पाणी जमिनीवरून व जमिनीच्या पोटातून वाहत जाते तेव्हा त्यामध्ये तेथील खनिजे विरघळतात व पाणी जड होते. हलक्या पाण्यामध्ये खनिजे अजिबात नसतात किंवा फार कमी प्रमाणात विरघळलेली असतात. उदा., पावसाचे पाणी किंवा ऊर्ध्वपातित जल.

१. जड व हलक्या पाण्यातील फरक

वाहत्या ओढ्यातील काही जड पाणी घ्या. (किंवा पुढील प्रयोगात लिहिल्याप्रमाणे जड पाणी तयार करा.) तसेच पावसाचे पाणी किंवा ऊर्ध्वपातित जल हलके पाणी म्हणून घ्या.

एका भांड्यात गरम पाणी घेऊन त्यामध्ये साबणाचे तुकडे किंवा पूड टाकून साबणाचे पाणी तयार करा. आता दोन बाटल्यांमध्ये जड व हलके पाणी सारखे घ्या. प्रथम हलक्या पाण्यात साबणाचे पाणी थेंब थेंब टाका. प्रत्येक थेंब टाकल्यावर बाटली चांगली हलवा. पाण्याच्या पृष्ठभागावर एक सें. मी. जाडीचा साबणाचा फेस तयार होण्यास किती थेंब टाकावे लागतील ते मोजून ठेवा.

आता वरच्या इतकेच साबणाच्या पाण्याचे थेंब जड

पाण्यात टाका व बाटली तितकाच वेळ चांगली हलवा. काय फरक दिसून येतो ते पहा. साबणाचा चांगला फेस मिळेपर्यंत जड पाण्यात साबणाचे पाणी टाकत रहा. हलक्या पाण्यापेक्षा किती कमी किंवा जास्त साबणाचे पाणी लागते ते पहा.

२. जड पाणी कसे तयार करावे?

'तात्पुरते' व 'कायमचे' असे जड पाण्याचे दोन प्रकार आहेत. तात्पुरते जड पाणी पुढीलप्रमाणे तयार करता येईल. चुन्याची निवळी घ्या (७ वे प्रकरण - अ १७ परिच्छेद पहा). ही निवळी पांढरट होऊन पुन्हा स्वच्छ होईपर्यंत तीमध्ये कार्बन डायॉक्साईड सोडा म्हणजे तात्पुरते जड पाणी तयार होईल. एका भांड्यात पाणी घेऊन त्यामध्ये कॅल्शियम सल्फेट किंवा प्लॅस्टर ऑफ पॅरिस मिसळून ते मिश्रण चांगले ढवळा व काही तास तसेच ठेवून घ्या. नंतर हे मिश्रण गाळल्यानंतर खाली पडेल ते कायमचे जड पाणी होय. पाण्यामध्ये मॅग्नेशियम सल्फेट (एप्सम सॉल्ट) मिसळूनही कायमचे जड पाणी तयार करता येईल.

३. उकळून जड पाणी हलके बनविणे.

उकळल्यामुळे पाण्याचा तात्पुरता जडपणा नाहीसा करता येतो. तात्पुरता जड पाण्यात साबणाचे पाणी घालून हलवा व साबणाचा फेस मिळतो का पहा. आता तेवढेच जड पाणी घेऊन ते उकळवा व नंतर त्यामध्ये पूर्वीइतकेच साबणाचे पाणी मिसळून फेस किती मिळतो ते पहा.

४. रासायनिक पदार्थ मिसळून पाणी हलके बनविणे
परीक्षानळी कायमच्या जड पाण्याने निम्मी भरून तीमध्ये साबणाचे पाणी घाला व फेस किती निघतो ते पहा. हे पाणी उकळवा व पुन्हा तितकेच साबणाचे पाणी मिसळून फेस मिळतो का पहा.

कायमच्या जड पाण्यामध्ये काही धुण्याचा सोडा (सोडियम कार्बोनेट) घाला. नंतर साबणाचे पाणी मिसळून फेस मिळतो का पहा. पाणी हलके झाले आहे का पहा. दुसऱ्या भांड्यात कायमचे जड पाणी घेऊन त्यामध्ये बोरॅक्स (सोडियम पायरोबोरेट) मिसळा व जडपणा जातो का पहा.

५. स्वच्छ करण्याचे बाबतीत पाण्यास साबणाची मदत कशी होते.

कापडाच्या दोन तुकड्यांवर तेल किंवा व्हॅसलीन चोपडून ते तेलकट करा. एक तुकडा नुसत्या गरम पाण्यात धुवा. दुसरा तुकडा साबणाचे पाणी मिसळलेल्या गरम पाण्याने धुवा. दोन्ही कपडे पिळून वाळत घाला. कोणता तुकडा जास्त स्वच्छ झाला आहे ते पहा.

६. स्निग्ध पदार्थांवर पाण्याचा परिणाम

एक उभट काचेचे भांडे गरम पाण्याने निम्मे भरा. त्यावर १ सें. मी. उंचीइतके ऑलिव्ह किंवा दुसरे कोणतेही तेल ओता. हे मिश्रण खूप जोराने बराच वेळ हलवा. तेलाचे बारीक कण पसरलेले दिसतील. हे मिश्रण तसेच ठेवून स्थिर होऊ द्या. काही वेळाने तेलाचे सर्व कण एकत्र येऊन पाण्याच्या पृष्ठभागावर जमा झालेले दिसतील. पुढील प्रयोगाशी तुलना करण्याकरिता हे भांडे बाजूला ठेवा.

ई. स्थिर आणि प्रवाही पाणी

१. दाब म्हणजे काय?

चिखलाने भरलेले पाय किंवा बूट एका कागदावर ठेवून उभे रहा व पायाभोवती किंवा बुटाभोवती मर्यादा-रेषा काढा. चौरसांच्या कागदाने या छापांचे क्षेत्रफळ काढा. एका पायावर उभे राहिले तर एकूण वजन निम्म्या

७. स्निग्ध पदार्थांवर साबणाचा परिणाम

दुसरे उभट भांडे घेऊन त्यात गरम पाणी घ्या आणि वरीलप्रमाणे त्यात तेल ओता. याशिवाय साबणाचे तुकडे पाण्यामध्ये विरघळवून तयार केलेले अर्धा पेला साबणाचे पाणी त्यात मिसळा. आता हे मिश्रण खूप वेळ जोराने हलवा व नंतर स्थिर ठेवा. वरील प्रयोगातील पाण्याची या पाण्याशी तुलना करा. साबणामुळे तेलाचे सूक्ष्म थेंब फोडले जाऊन पाण्यामध्ये सगळीकडे पसरले जातात व सर्व मिश्रण दुधासारखे पांढरट दिसते.

८. कपडे धुताना जड व हलक्या पाण्याचा उपयोग

दोन घाणेरडे कपडे घ्या. एक कपडा हलक्या पाण्यामध्ये स्वच्छ होईपर्यंत साबणाचे धुवा. दुसरा कपडा जड पाण्यामध्ये तितकाच वेळ व तेवढ्याच साबणाचे धुवा. दोन्ही कपडे टांगून वाळवा व त्यामध्ये कोणता फरक दिसून येतो ते पहा.

९. साबण कसा तयार करावा?

चरबी अगर तेल यांपासून साबण तयार करता येईल. निरुपयोगी झालेले तेल थाळीत तापवून वितळवा. हे तेल कपड्याच्या घड्यातून गाळून घ्या. त्याचे वजन करा. याच्या $\frac{1}{3}$ वजनाइतके सोडियम हायड्रॉक्साईड (कॉस्टिक सोडा) घ्या व पाण्यामध्ये त्याचे द्रावण तयार करा. आता एका लोखंडी किटलीत किंवा थाळीत तेल तापवा. तेल वितळले म्हणजे कॉस्टिक सोड्याचे द्रावण त्यामध्ये हळूहळू ओता व मिश्रण सारखे ढवळा. मिश्रण उतू जाऊ नये म्हणून ज्योत बारीक करा. तीस मिनिटे उकळून ते सारखे ढवळा. त्यानंतर त्यामध्ये कॉस्टिक सोड्याच्या दुप्पट मीठ घाला व पुन्हा चांगले ढवळा. मिश्रण थंड झाले की त्यावर साबणाचा तवंग तरंगत असलेला दिसेल. हा तवंग बाहेर काढून थोडा तापवा म्हणजे वितळेल. वितळलेला साबण मोकळ्या काड्यापेट्यामध्ये ओता म्हणजे साबणाच्या वड्या तयार होतील. हा साबण चांगला झाला आहे का पहा.

क्षेत्रफळावरच विभागले जाईल व त्यामुळे प्रत्येक चौरस सेंटीमीटरवरील दाब दुप्पट पडेल.

२. वजन आणि दाब यांतील फरक

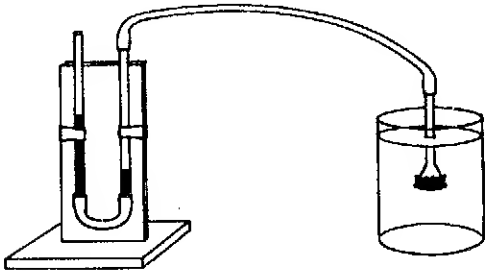
एक लाकडी टोकळा घ्या. त्याची प्रत्येक बाजू चौरसाकृती ठेवा; पण आकृतीत दाखविल्याप्रमाणे लहान



मोठी करा. ही प्रत्येक बाजू चिकणमातीच्या किंवा प्लॅस्टिसीनच्या थरावर ठेवून ठोकळा सारख्याच जोराने खाली दाबा. चिकणमातीमध्ये कमी-जास्त खोल पडलेल्या खळग्यावरून दाबांतील फरक लक्षात येईल.

३. द्रवामुळे दाब पडतो हे दाखविणे.

१५ सें. मी. लांबीच्या दोन काचेच्या नळ्या किंवा गवताच्या पारदर्शक पोकळ नळ्या घ्या. त्या रबरी नळीने जोडून आकृतीत दाखविल्याप्रमाणे फळीवर उभ्या बसवा.



दोन्ही नळ्यांमध्ये ६ ते ८ सें. मी. उंचीपर्यंत रंगीत पाणी ओता. हे दाब मोजण्याचे साधन झाले एक नरसाळे घेऊन त्याच्या तोंडावर पातळ रबर ताणून बसवा व त्या सभोवती दोरी बांधून टाका. हे नरसाळे ३० सें. मी. लांबीच्या रबरी नळीने वरील साधनाला जोडा. एका बादलीत पाणी घेऊन त्यामध्ये नरसाळे बुडवा. त्यामुळे दाबमापकामधील पाण्याच्या उंचीमध्ये काय फरक होतो ते पहा.

४. खोलीप्रमाणे पाण्याच्या दाबात फरक होतो.

मागील प्रयोगात वापरलेल्या उपकरणाच्या (दाबमापक व नरसाळे) उपयोग करा. एक उंच काचेचे भांडे किंवा बादली पाण्याने भरा. पाण्याच्या पृष्ठभागाखालीच दाब किती आहे हे दाबमापकाने मोजा. पाण्याच्या तळाशी दाब किती आहे ते पहा. पाण्याच्या खोलीप्रमाणे दाबात बदल कसा होतो ते पहा.

५. द्रवाच्या प्रकारावर दाब अवलंबून असतो.

नरसाळे बरोबर बसेल अशी दोन काचेची भांडी घ्या. एका भांड्यात पाणी भरा व दुसऱ्या भांड्यात कमी घनतेचा

(पाण्यापेक्षा हलका) द्रव (उदा., अल्कोहोल) तितक्याच उंचीपर्यंत भरा. पाण्याच्या तळाशी दाब किती आहे ते मोजा. तसेच अल्कोहोलच्या तळाशी असलेला दाब मोजा. सारख्याच खोलीवर दोन्ही द्रवांतील दाबात काही फरक दिसतो का पहा.

६. मोठ्या भांड्यातील पाण्याची खोली लहान भांड्यातील पाण्याच्या खोलीइतकीच असेल तर दोन्ही ठिकाणी पाण्याचा दाब सारखाच असतो.

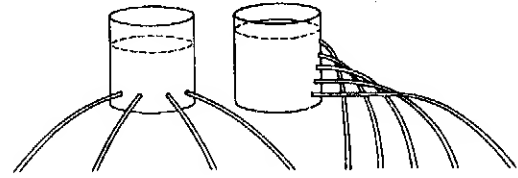
वरील प्रयोगाप्रमाणे नरसाळे व दाबमापकाचा उपयोग करा. एक कमी व्यासाचे व एक जास्त व्यासाचे काचेचे उभट भांडे घ्या. दोन्हीमध्ये सारख्या उंचीपर्यंत पाणी घ्या. प्रत्येक भांड्याच्या तळाशी दाब किती आहे ते पहा. काही फरक दिसतो का पहा.

७. पाण्याची खोली वाढली की दाब वाढतो हे दाखविणारा आणखी एक प्रयोग.

एक उभट पत्र्याचा डबा घ्या. त्याच्या एका बाजूस खालपासून वरपर्यंत ३-३ सें. मी. अंतरावर भोके पाडा. या भोकांवर एक चिकटपट्टी बसवून ती बंद करा. नंतर डब्यात पाणी ओतून तो वरपर्यंत भरा. हा डबा मोरीवर धरून चिकटपट्टी खालच्या भोकापासून वरपर्यंत काढा. प्रत्येक भोकातून पाणी किती लांबपर्यंत बाहेर उडते ते पहा.

८. पाण्याचा दाब सर्व दिशांना सारखा असतो.

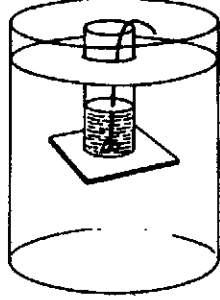
एक पत्र्याचा उभट डबा घ्या. त्याच्या तळाशी सभोवती खिळ्याने भोके पाडा. सर्व भोकांवर वरीलप्रमाणेच चिकटपट्टी बसवा. डबा पाण्याने भरा व चिकटपट्टी काढून टाका. डब्याच्या भोवताली प्रत्येक भोकामधून पाणी किती लांबपर्यंत फेकले जाते ते पहा.



९. पाण्यामध्ये कोणत्याही ठिकाणी वरचा आणि खालचा दाब समान असतो.

निदान १५ सें. मी. लांब व ४ सें. मी. व्यासाचे एक काचेचे भांडे (सिलिंडर) घ्या. ऑलिव्ह तेलाच्या बाटलीचा तळ काढून अशा प्रकारचे भांडे तयार करता येईल. (प्रकरण

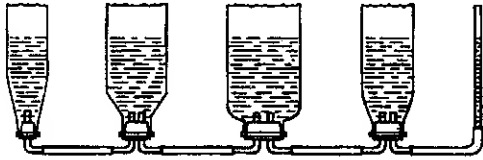
१८-२२ (इ) पहा) प्लॅस्टिकची नळी किंवा मेणाचा अगर लाखेचा थर दिलेली कार्डबोर्डची नळीही चालेल. ५ सें. मी. मापाचा चौरस कार्डबोर्डचा तुकडा घ्या. त्यावर मेणाचा अगर लाखेचा थर द्या. त्याच्या मध्यावर दोऱ्याचे एक टोक चिकटवून टाका. वरील नळीमधून हा दोरा वरपर्यंत आणा व दोऱ्याच्या साहाय्याने नळीच्या खालच्या तोंडाशी कार्डबोर्डचा तुकडा धरून ठेवा. हे तोंड खाली करून नळी



एका भांड्यातील पाण्यात बुडवा व दोरा सोडून द्या. आता नळीमध्ये रंगीत पाणी हळूहळू ओता. कार्डबोर्डचा तुकडा सुटून खाली पडण्याच्या वेळी नळीतील पाण्याची उंची किती झाली ते पहा.

१०. पाण्याचे स्तंभ तोलून धरणे.

समान उंचीच्या पण वेगवेगळे आकारांच्या काचेच्या बाटल्या घेऊन त्याचे तळ काढून टाका. (प्रकरण १८, २२ (इ) पहा.) आकृतीत दाखविल्याप्रमाणे, काचेच्या नळ्या असलेली बुचे बाटल्यांना बसवा व नळ्या एकमेकींना जोडा. सर्व बाटल्या जवळजवळ पूर्ण भरेपर्यंत

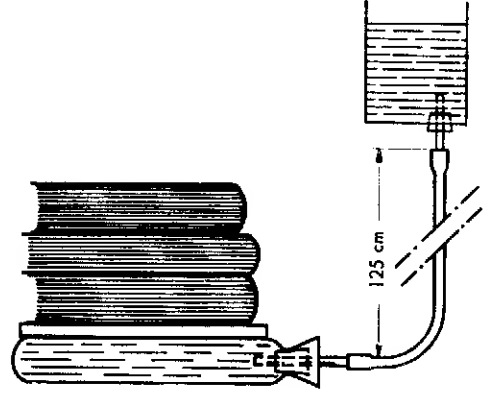


त्यामध्ये रंगीत पाणी ओता. प्रयोगांतील असे दिसून येईल की, कोणत्याही द्रवाचा दाब तो द्रव ज्या भांड्यांत ठेवला असेल त्याच्या आकारावर किंवा आकारमानावर अवलंबून नसून त्या द्रवाच्या उंचीवर अवलंबून असतो.

११. पाण्याच्या दाबाने जड वजन उचलणे.

एक शेकण्याची रबरी पिशवी घ्या. तिला एक भोक असलेले बूच बसवून त्यामध्ये एक लहानशी काचेची नळी

घट्ट बसवा. एक पत्र्याचा डबा घेऊन त्याच्या तळाशी बूच घालता येईल एवढे एक भोक पाडा. बुचामध्ये एक लहानशी काचेची नळी बसवा. निदान १.२५ मीटर (१२५ सें. मी.) लांबीच्या रबरी नळीने डबा व रबरी पिशवी एकमेकांस जोडा. पिशवी जवळील जोडावर तार गुंडाळलेली चांगली. पिशवी, नळी व भांडे पाण्याने भरा. पिशवी जमिनीवर ठेवून तीवर एक लाकडी बोर्ड ठेवा. या



बोर्डावर पुस्तके किंवा काही जड वजने ठेवा. आता डबा जमिनीपासून वर उचला व पुस्तके किंवा वजनाचे निरीक्षण करा. डबा जास्तीत जास्त उंच करून जास्तीत जास्त किती वजन वर उचलणे शक्य होते ते पहा.

१२. पाणी दाबले जात नाही.

सोडा-बाटलीला एक भोक असलेले बूच घट्ट बसवा. भोकामध्ये औषध घालण्याचा काचेचा ड्रॉपर अरुंद तोंड वर करून बसवा. आता बूच काढून बाटली अगदी वरपर्यंत पाण्याने भरा. नंतर बाटलीला बूच चांगले घट्ट बसवा. इतके की काही पाणी ड्रॉपरमध्ये वर येईल. बाटली दोन हातांत धरून ती जितकी दाबता येईल तितकी जोराने दाबा. पाणी दाबले जाणार नाही, तर ते ड्रॉपरमध्ये वर चढेल. आणखी जास्त दाब देऊन पाणी ड्रॉपरमधून बाहेर पाडता येते का पहा.

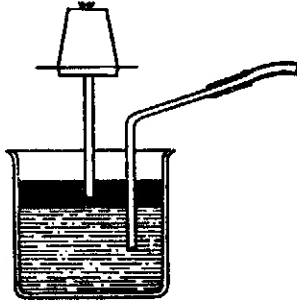
एक औषधाची बाटली पाण्याने पूर्ण भरा. तिला अगदी घट्ट बसेल असे बूच बसवा. बुचावर हातोडीने जोराचा प्रहार करा. बाटली फुटेल.

१३. पाण्याच्या दाबाने वजन वर चढविण्याच्या यंत्राचा (पाण पाळणा) नमुना तयार करणे.

पाण्याच्या दाबाचा उपयोग करून ओझी व प्रवाशांचे पाळणे वर उचलले जातात. मोटारीच्या हातपंपाचा उपयोग करून याचा एक नमुना तयार करता येईल. पंपाच्या नळीला एक रबरी नळी जोडा. जोडावर तारेने बांधून जोडणी पक्की करा. ही रबरी नळी एक छिद्र असलेल्या बुचाचा उपयोग करून पाण्याच्या नळीच्या तोटीला जोडा. या जोडणीवरही तार गुंडाळा. पंपाच्या दांड्यावर एका विद्यार्थ्याला तेल संभाळून बसावयास सांगा. तोटी उघडून पाणी हळूहळू सोडा व पाण्याच्या दाबामुळे विद्यार्थी उचलला जातो का पहा. तोटीजवळील बूच धरून ठेवावे लागेल.

१४. साधा हायड्रॉलिक प्रेस

हायड्रॉलिक प्रेसमधील तत्त्व वरीलप्रमाणे नमुना तयार करून दाखविता येईल. एक दंडगोलाकृती भांडे पाण्याने निम्मे भरा. पाण्याच्या पृष्ठभागावर बरेचसे वितळलेले मेण ओता आणि ते थंड होत असतानाच त्यामध्ये आकृतीत दाखविल्याप्रमाणे काचेची नळी उभी धरा. मेणाचा थर घट्ट झाला म्हणजे तो एक पाणी न सोडणारा दट्ट्याच बनतो. नळीमधून आत फुंका म्हणजे हा दट्ट्या वर उचलला जाईल. दट्ट्यावर बरीच वजने ठेवली तरी ती या पद्धतीने वर उचलली जातील.

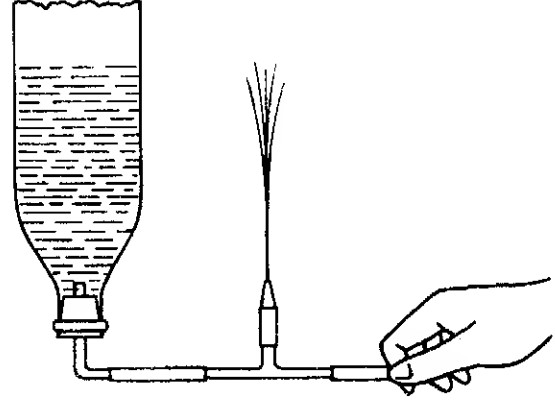


१५. पाण्याच्या शक्तीने पाणी वर खेचण्याच्या यंत्राचा नमुना

पाणी खेचण्याच्या यंत्राचा उपयोग करून पाणी खालच्या पातळीवरून वरच्या पातळीला चढविता येते. पाण्याच्या वाहत्या प्रवाहामुळे त्यांचे कार्य चालते. अशा यंत्राचा एक नमुना तयार करता येईल. एक सोडावॉटरची बाटली घेऊन तिचा तळ कापून टाका. (प्रकरण १८, २२- (इ) पहा.)

बाटलीला एक भोक असलेले बूच बसवा. भोकामध्ये

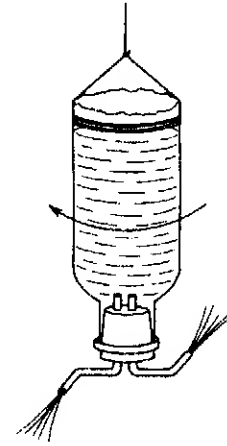
एक लहानशी काचेची नळी घाला. ही नळी इंग्रजी 'टी' (T) अक्षरासारख्या आकाराच्या काचेच्या किंवा धातूच्या नळीला जोडा. या धातूच्या नळीच्या दुसऱ्या टोकाला रबरी नळी जोडा व मध्ये आकृतीत दाखविल्याप्रमाणे एक टोकदार नळी बसवा. बाटली पाण्याने भरा व नळीचे



शेवटचे रबरी टोक दाबून धरा. टोक सोडून नळीतून पाणी थोडा वेळ वाहू द्या. नळीमधून पाणी जोराने किती उंचीपर्यंत उडते ते पहा. अशा रीतीने पाण्याचा दाब बंद करणे व चालू ठेवणे अशी क्रिया चालू ठेवा म्हणजे पाणी वर खेचण्याच्या यंत्राच्या नमुन्याचे प्रात्यक्षिक झाले.

१६. पाणचक्रीचा एक नमुना

एक सोडावॉटरची बाटली घेऊन तिचा तळ काढून टाका. तळाशी बाटलीच्या भोवताली दोरी गुंडाळा व आकृतीत दाखविल्याप्रमाणे बाटली टांगून ठेवा. बाटलीच्या तोंडाला दोन भोके असलेले बूच बसवा. या भोकामध्ये आकृतीत दाखविल्याप्रमाणे वाकलेल्या नळ्या

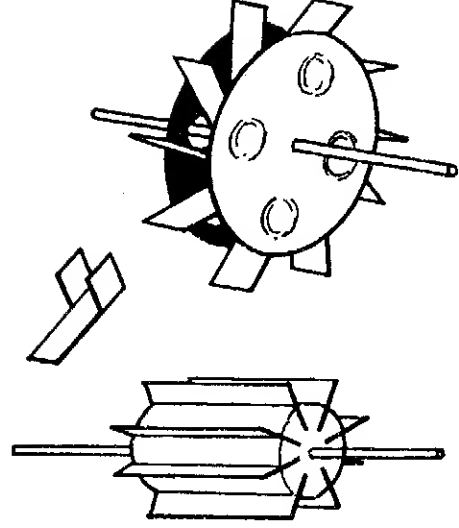


बसवा. नळ्या शेवटाशी टोकदार करा. बाटली पाण्याने भरा. नळ्यांमधून पाणी जोराने बाहेर येऊ लागले की बाटली (म्हणजेच पाणचक्की) फिरत असलेली दिसेल.

१७. पाणचक्की - नमुना

चाकाचा तुंबा म्हणून दोऱ्याच्या रिळाचा किंवा बुचाचा उपयोग करता येईल. त्याच्याभोवती कडांना लंबांतर अशा खाचा पाडा.

या खाचामध्ये लाकडी किंवा पत्र्याचे तुकडे पाती म्हणून बसवा. सळई किंवा शिवणाच्या मोठ्या सुईचा कणा म्हणून उपयोग करा. जुन्या टाईप-रायटरच्या रिबनचे रीळ किंवा चिकटपट्टीचे रीळसुद्धा तुंबा म्हणून उपयोगात आणता येईल. नळातून येणाऱ्या पाण्याचा किंवा एका टाकीत साठविलेल्या पाण्याचा जलशक्ती म्हणून उपयोग होईल.



उ. बुडणे व तरंगणे

१. बुडणे व तरंगणे कशावर अवलंबून असते?

शिसे, कथिल किंवा अल्युमिनियमच्या वर्खांची एक बोट तयार करून ती पाण्यात तरंगत ठेवा. आता या बोटीचाच एक गोळा बनवा व तो पाण्यावर तरंगत ठेवता येतो का पहा. काय दिसून येते? याचे कारण काय असेल?

२. पाण्याची उद्धरणशक्ती

झाकण घट्ट बसेल असा कॉफीचा किंवा सिगारेटचा एक डबा घ्या. एका बादलीत पाणी घ्या. हा डबा झाकण घट्ट बसवून उलटा करा आणि पाण्यात बुडवून लगेच सोडून द्या. वेगवेगळ्या तऱ्हेने डबा धरून हाच प्रयोग करून पहा. प्रत्येक वेळी काय दिसून येते? डब्यावर पाण्याचा ऊर्ध्वमुख दाब पडतो का? डब्यात थोडे पाणी ओतून हाच प्रयोग करून पहा. प्रत्येक वेळी डब्यातील पाणी थोडे थोडे वाढवून प्रयोग चालू ठेवा. कोणत्या वेळी डबा न तरंगता बुडतो ते पहा.

३. पाण्याची उद्धरणशक्ती पाहण्याकरिता आणखी एक प्रयोग

एक समाज भुजांचा तराजू घ्या. (प्रकरण २ रे अ- ८ पहा) तराजूच्या प्रत्येक टोकास एक एक सोडावाॅटरची बाटली दोरीने टांगून तराजू समतोल करा. एका बाटलीच्या खालून पाण्याने भरलेली बादली हळूहळू वर सरकवा. बाटली थोडीशी पाण्यात बुडली म्हणजे तराजूवर काय परिणाम होतो ते पहा.

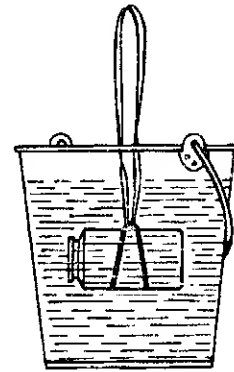
४. पाण्याची उद्धरणशक्ती पाहता येते.

एक मोठे बूच घेऊन ते पाण्याने भरलेल्या बादलीच्या तळापर्यंत न्या. बूच तळाशी स्थिर ठेवण्याकरिता किती जोर लागतो ते पहा. बुचाने बंद केलेली एक मोठी पोकळ बाटली वापरून हाच प्रयोग करून पहा. पूर्वापेक्षा किती कमी किंवा जास्त जोर लागतो ते पहा.

एक रबरी फुगा हवेने भरून तो बादलीच्या तळापर्यंत न्या. बूच किंवा बाटलीला लागलेल्या जोराशी आता लागणाऱ्या जोराची तुलना करा.

५. पाण्याची उद्धरणशक्ती पाहण्याचा आणखी एक प्रयोग

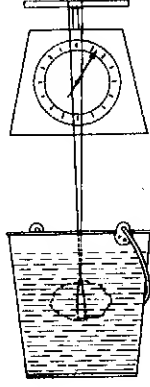
झाकण घट्ट बसेल असा एक सिगारेटचा किंवा कॉफीचा डबा घ्या. तो पाण्याने भरून त्याला झाकण घट्ट



बसवा. डब्याच्या भोवताली मध्यावर दोरीचा दुहेरी फास घाला. फासाच्या वरच्या बाजूस एक रबरी दोरी अगर पट्टी अडकवून डबा लोंबकळता धरा व रबरावर किती ताण पडतो ते पहा. आता डबा बाटलीमधील पाण्यात सोडा व या वेळी रबरावर किती ताण पडतो ते पहा. ताणामध्ये फरक का पडतो ते सांगा.

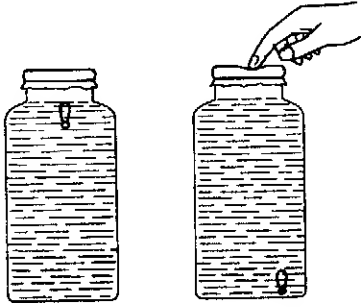
६. दगडाचे वजन पाण्यामध्ये कमी भरते.

आकृतीत दाखविल्याप्रमाणे वजनाच्या काट्यावर दगडाचे वजन करा. दगड दोरीने बांधून तो पाण्यात बुडला असता त्याचे वजन पुन्हा करा. वजनात फरक का पडतो तो सांगा.



७. सैतानी पाणबुड्या (कार्टेशियन डायव्हर) तयार करणे.

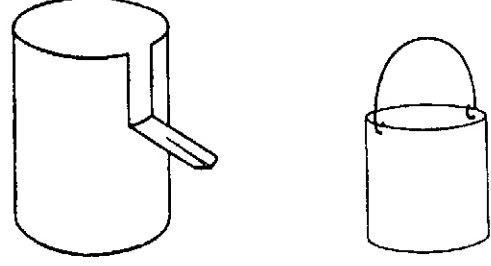
एक रुंद तोंडाची काचेची उभट बरणी घेऊन ती पाण्याने भरा. पण वर थोडी मोकळी ठेवा. औषधाच्या ड्रॉपरचे रबरी टोपण घेऊन त्याच्या तोंडाभोवती तांब्याची तार गुंडाळा. या टोपणात थोडे पाणी घालून ते बरणीतील पाण्यात तरंगत



ठेवा. हे टोपण पाण्यात बुडून तरंगत राहिल इतके पाणी त्यामध्ये असावे. वरचा रबरी भाग थोडा थोडा दाबून हवेचा एक एक बुडबुडा हळूहळू काढून टाका. टोपण पाहिजे तेवढे

बुडल्यानंतर बरणीला घट्ट बूच घाला किंवा तोंडावर एक रबरी तुकडा ताणून बांधा. हे झाकण किंवा रबर थोडेसे दाबले की पाणबुड्या (रबरी टोपण) खाली जाईल. दाब काढून टाकला की पाणबुड्या वर येईल. एका लहानशा काचेच्या नळीचा किंवा औषधाच्या शिशीचा पाणबुड्या तयार केला तर तो खाली बुडत असता व तो वर येत असता त्यातील पाणी किती असते हे पाहता येईल.

८. जलोत्सारण पात्र (ओव्हर फ्लो व्हेसल) व पाणी साठविण्याची बादली तयार करणे



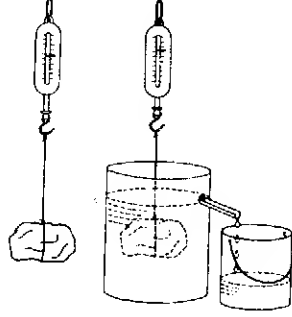
आर्किमिडीजच्या तत्वाचा अभ्यास करण्याकरिता (बुडणे व तरंगणे यासंबंधीचे नियम) या उपकरणाचा चांगला उपयोग होतो. जलोत्सारण पात्र तयार करण्याकरिता एक १० सें. मी. उंचीचा व ७ ते ८ सें. मी. व्यास असलेला पत्र्याचा डबा घ्या. त्याच्या तोंडापासून खाली ३ सें. मी. अंतरावर खिळ्याने एक भोक पाडा. या भोकात गोल कानस किंवा त्यासारखे दुसरे एखादे हत्यार फिरवून त्याचा व्यास साधारणपणे पेन्सिलीइतका करा. दुसरा पत्रा घेऊन त्याची सुमारे ६ सें. मी. लांबीची एक छोटीशी पन्हळ (तोटी) तयार करा. पन्हळीच्या एक सें. मी. लांबीच्या भागाच्या कडा आत वाकवा म्हणजे त्याचा आधारासारखा उपयोग होईल. पन्हळ भोकात सरकवा आणि ती आतून व बाहेरून डाक देऊन पक्की बसवा.

एक लहान डबा घेऊन त्याचा पाणी धरण्यास उपयोग होईल. या डब्याच्या वरच्या बाजूला विरुद्ध बाजूस दोन भोके पाडा. त्यामध्ये आकृतीत दाखविल्याप्रमाणे एक तारेची अडकवणी बसवा.

९. बुडणारे पदार्थ

जलोत्सारण पात्र त्याच्या तोटीच्या पातळीपर्यंत पाण्याने भरा. या पात्रात जाऊ शकेल असा एक दगड घ्या. या दगडाला दोरी बांधून त्याचे ताणकट्यावर वजन

करा. पाणी धरण्याच्या बादलीचेही वजन करा. दगड पाण्यात बुडवून त्याचे पुन्हा वजन करा. हे वजन हवेतील वजनाइतकेच होते का पहा. दगड पाण्यात बुडविल्यामुळे तोटीतून बाहेर येणारे पाणी बादलीत जमा करा. बादलीचे



पाण्यासह वजन करून त्यातून बादलीचे वजन वजा करा. म्हणजे दगडाने बाजूस सारलेल्या पाण्याचे वजन मिळेल. दगडाचे पाण्यात कमी झालेले वजन व दगडाने बाजूस सारलेल्या पाण्याचे वजन यांचा काही संबंध आहे का पहा. वेगवेगळे बुडणारे पदार्थ घेऊन हाच प्रयोग करून पहा.

१०. तरंगणारे पदार्थ

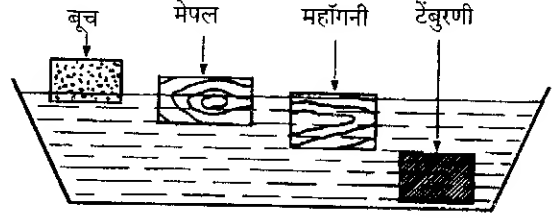
तोटीच्या पातळीपर्यंत जलोत्सारणपात्र पाण्याने भरा. पाण्यामध्ये निम्मा किंवा त्याहून जास्त बुडून तरंगत राहणारा एक लाकडी ठोकळा घेऊन त्याचे ताणकाट्यावर वजन करा. बादलीचेही वजन करा. ठोकळा पाण्यात सोडा व या वेळी त्याचे वजन किती भरते ते पहा. ठोकळ्याने बाजूस सारलेले पाणी बादलीत येईल. बादलीचे या पाण्यासह वजन करून त्यामधून बादलीचे वजन वजा करा म्हणजे बाजूस सारलेल्या पाण्याचे वजन मिळेल. तरंगणाऱ्या लाकडी ठोकळ्याचे वजन आणि बाजूस सारलेल्या पाण्याचे वजन यांचा काही संबंध आहे का पहा. इतर काही तरंगणारे पदार्थ वापरून हाच प्रयोग करून पहा.

११. तरंगत्या मेणबत्तीचा प्रयोग

एका मेणबत्तीच्या खालच्या बाजूस एक खिळा बसवा. खिळ्यासह मेणबत्ती पाण्यात सोडली असता ती पाण्याच्या पृष्ठभागाबरोबर तरंगत राहिल इतकेच खिळ्याचे वजन असावे. काचेचे उभट भांडे पाण्याने भरून त्यामध्ये मेणबत्ती तरंगत ठेवा. मेणबत्ती पेटवून ती पूर्णपणे जळेपर्यंत तिचे निरीक्षण करा. मेणबत्ती जळत असताना तिचे वजन हळूहळू कमी होत असते. मग ती पाण्यावर तरंगत का राहते?

१२. वेगवेगळ्या प्रकारच्या लाकडांसंबंधीचे तरंगण्याचे प्रयोग

एक बूच आणि मेपल, महॉगनी व टेंबुरणी (शिसवी) या जातींच्या लाकडांचे तुकडे घ्या व एका भांड्यात पाणी घेऊन त्यात सोडा. प्रत्येक तुकडा पाण्यात किती बुडतो ते पहा. त्याचे कारण सांगा.

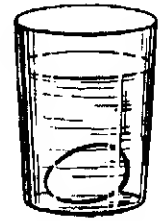


१३. तरंगणाऱ्या अंड्याचा प्रयोग

एका ग्लासमध्ये स्वच्छ पाणी घेऊन त्यात एक अंडे सोडा व काय होते ते पहा. आता पाण्यात मीठ मिसळा. अंडे तरंगू लागते की काय ते पहा. याचे कारण काय



मिठाच्या पाण्यात अंडे

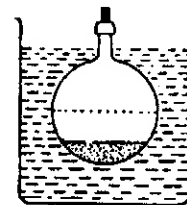


स्वच्छ पाण्यात अंडे

असेल? गोड्या पाण्यापेक्षा समुद्राच्या पाण्यात जहाज जास्त वर तरंगते या गोष्टीचा वरील प्रयोगाशी काही संबंध आहे का ते सांगा.

१४. आर्किमिडीजच्या तत्त्वासंबंधीचा प्रयोग

पाण्याच्या नळाकरिता वापरलेल्या तांब्याच्या पोकळ गोळ्यापैकी एक अर्धगोलाच्या तोंडाशी सायकल-ट्यूबमधील झडप बसवा. दुसऱ्या अर्धगोलाच्या तळाशी इतके शिसे किंवा त्याच्या गोळ्या ठेवा की तो संबंध गोळा पाण्यात सोडला असता जेमतेम (पाण्याच्या पृष्ठभागाबरोबर) तरंगत राहिल.



याकरिता प्लॅस्टिसीनने दोन्ही अर्धगोल तात्पुरते साधता येतील.

याप्रमाणे गोळा बरोबर तरंगू लागला म्हणजे दोन्ही अर्धगोल डाक

देऊन पक्के बसवा. जरूर तर गोळ्याच्या तोंडाशी थोडी तांब्याची तार गुंडाळून गोळा बरोबर पाण्यात तरंगत राहिल अशी व्यवस्था करा.

वर्गामध्य 'पदार्थ का तरंगतात' याची चर्चा चालू केली तर 'पदार्थांमध्ये हवा असते म्हणून ते तरंगतात' असे उत्तर नेहमी मिळते. हे खरे असेल तर पदार्थात जितकी जास्त हवा असेल तितका तो चांगला तरंगत राहिला पाहिजे. परंतु वरील गोळ्यात २० पंप मारून हवा दाबून भरली तर तो गोळा पाण्यात बुडू लागेल.

फुटबॉल किंवा धातूची पाण्याची बाटली वापरून हाच प्रयोग करून पहा.

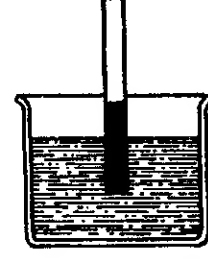
१५. गवताच्या नळकांडीचा तरकाटा



शीतपेय पिण्याची एक गवताची नळी किंवा एक बळकट पोकळ नळी घ्या. तिची लांबी सुमारे २० सें. मी. असावी. तिच्यात पाणी मुरू नये म्हणून ती वितळलेल्या मेणात बुडवून काढा आणि वाळवा. तिचे एक तोंड मेणाने बंद करा व ती पाण्यात उभी तरंगत राहिल इतक्या शिशाच्या गोळ्या किंवा वाळू तीमध्ये घाला. या गोळ्या किंवा वाळू वर-खाली हलू नये म्हणून नळीत थोडे वितळलेले मेण ओता. नळीभोवती पातळ रबरी पट्टी किंवा कापसाचा काळा धागा गुंडाळून ठेवा. ही पट्टी किंवा धागा खूप म्हणून वर-खाली सरकविता येईल. आता ही नळी पाण्यात सोडून ती जेथपर्यंत पाण्यात बुडून तरंगत राहते तेथे खूप करा, (म्हणजेच रबर किंवा काळा धागा आणून ठेवा) नळी बाहेर काढा व तिच्या तळापासून खुणेपर्यंतचे अंतर मोजा. त्यास 'क्ष' म्हणू पाण्याचे विशिष्टगुरुत्व एक आहे असे धरले व नळीचा व्यास सगळीकडे सारखा असेल तर खालील सूत्राचा उपयोग करून वेगवेगळ्या द्रवांमध्ये नळी किती उंचीपर्यंत बुडून तरंगत राहते त्याच्या खुणा नळीवर करता येतील. या खुणांवरून द्रवाचे विशिष्टगुरुत्व (साधारणपणे ०.६ ते १.२ पर्यंत) निश्चित करता येईल.

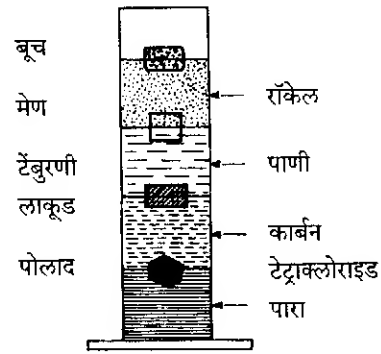
$$\text{नळीच्या तळापासून खुणेपर्यंतचे अंतर} = \frac{\text{क्ष}}{\text{द्रवाचे विशिष्टगुरुत्व}}$$

१६. पाण्यात न मिसळणाऱ्या द्रवांचे विशिष्टगुरुत्व



एका भांड्यात पाणी घ्या. त्यामध्ये एक पोकळ नळी (दोन्ही बाजूंनी उघडी) थोडीशी बुडवा. आता या नळीमध्ये तेल इतके ओता की नळीत आलेले पाणी नळीच्या खालच्या टोकापर्यंत खाली जाईल. नळीत असलेल्या तेलाची एकूण उंची व पाण्यात बुडलेल्या नळीची उंची यावरून तेलाचे विशिष्टगुरुत्व काढता येईल. पाण्यापेक्षा जड असलेल्या द्रवांच्या बाबतीत प्रयोग उलट करा, म्हणजे भांड्यात द्रव घ्या व नळीत पाणी ओता.

१७. वेगवेगळ्या द्रवांमधील तरंगणे.



एक उंच कमी रुंदीचे (उभट) काचेचे भांडे घ्या. उदा., काचेची नळी किंवा बाटली. पारा, कार्बन टेट्राक्लोराईड, पाणी व रॉकेल हे द्रव पदार्थ घ्या. त्याचप्रमाणे एक लहानसा लोखंडाचा किंवा पोलादाचा गोळा (बॉल बेअरिंग, लोखंडी नट किंवा बोल्ट), टॅंबुरणी लाकडाचा किंवा पाण्यात बुडणाऱ्या लाकडाचा तुकडा, मेणाचा गोळा व एक बूच इतके साहित्य जमा करा. भांड्यात प्रथम काही पारा ओता. नंतर कार्बन-टेट्राक्लोराईड, पाणी व रॉकेल असे द्रव क्रमाक्रमाने काही प्रमाणात ओता. वरील चारही पदार्थ भांड्यात सोडा. त्यापैकी लोखंड वरच्या तिन्ही द्रवात बुडेल; परंतु पाण्यावर तरंगत असलेले दिसेल.

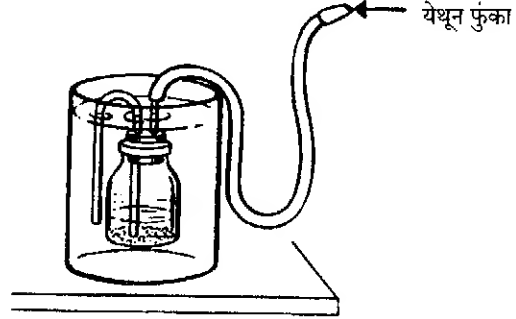
टेंबुरणीचे लाकूड वरच्या दोन द्रवात बुडेल; पण कार्बन टेट्राक्लोराईड मध्ये तरंगेल. मेणाचा गोळा रॉकेलमध्ये बुडून पाण्यावर तरंगत राहील. बूच रॉकेलवरच तरंगत राहील.

१८ पाणबुडी पाण्यामध्ये वर-खाली कशी जाते?

एक रुंद तोडाची लहानशी बाटली घ्या. तीमध्ये तळाशी लोखंडाचे किंवा दगडाचे तुकडे तुकडे इतके घाला की ती पाण्यामध्ये उभी राहून तरंगेल. हे तुकडे हलू नयेत म्हणून त्यावर मेणाचा पातळसा थर द्या. बाटलीला दोन भोके असलेले बूच बसवा. एका भोकामध्ये इंग्रजी यू (U) आकाराची काचेची नळी बसवा. तिचे बाटलीमधील टोक बाटलीच्या तळापर्यंत गेलेले असावे. दुसऱ्या भोकामध्ये एक काचेची लहानशी नळी बसवून तिच्या बाहेरील टोकास रबरी नळी जोडा. एका मोठ्या भांड्यामध्ये पाणी घेऊन त्यात ही बाटली सोडा. रबरी नळीतून बाटलीतील हवा काढून घ्या. त्यामुळे 'यू' नलिकेतून पाणी बाटलीत येईल व ती पाण्यात बुडेल. रबरी नळीतूनच हवा आत फुंकून बाटलीतील पाणी बाहेर काढता येईल व बाटली वर येऊ लागेल.

पाणबुडी बनविणाऱ्या तंत्रज्ञांनी पाणबुडी व पाण्याचे उद्धरण यांचा मेळ बरोबर बसविलेला असतो. ती

चालविताना यंत्राच्या साहाय्याने पाणबुडी वर किंवा खाली आणतात. पाणबुडी पृष्ठभागाशी आल्यानंतर ती तेथेच राहण्याकरिता टाक्यांमध्ये बाहेरील हवा भरून घेतात. पाणबुडी पाण्याखाली असताना टाक्यातील पाणी काढून



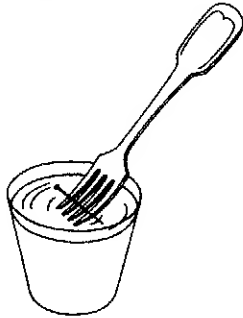
टाकण्याकरिता दाबात असलेल्या हवेचा उपयोग करणे सोईचे होत नाही.

पाण्यात बुडलेली जहाजे वर काढण्याकरिता टाक्यांचा किंवा पॉन्टून होड्यांचा उपयोग करतात. त्यामधील तत्त्व याच साधनाने स्पष्ट करता येईल. बाटलीला काही वजन बांधा व दोन्ही पाण्यामध्ये बुडवा. बाटलीमध्ये हवा भरून वजन वर उचलता येईल.

ऊ. द्रवांचे पृष्ठभाग

पाणी व इतर द्रवांच्या पृष्ठभागावर एक अगदी पातळ थर असतो. द्रवामुळे हा थर घट्ट करून ठेवलेला असतो. दोन्हीमध्ये जे आकर्षण असते त्यास 'पृष्ठताण' (सर्फेस टेन्शन) म्हणतात. या ताणाबाबत पुष्कळ मनोरंजक प्रयोग करता येतात.

१. पाण्यावर सुई तरंगत ठेवणे



एक पोलादी सुई अगदी कोरडी करा. एका जेवणाच्या काट्याच्या टोकावर ही सुई ठेवा.

आता एका भांड्यात पाणी घेऊन त्यामध्ये हा काटा पाण्याचा पृष्ठभागाच्या थोडा खाली हळूच सरकवा. नंतर काटा हळूच काळजीपूर्वक खालून काढून घेतला तर सुई पाण्यावर तरंगत राहील. पाण्याचे बारकाईने निरीक्षण केले तर सुईच्या वजनामुळे तिच्या खालील पाण्याच्या पृष्ठभागाला किंचितसा बाक आलेला दिसेल.

२. दाढीचे पाते पाण्यावर तरंगते.

दोन्ही कडांना धार असलेले एक वापरलेले दाढीचे पाते तरंगत राहील अशा बेताने हलकेच पाण्यावर सोडा. पात्याखाली असलेला पाण्याचा पृष्ठभाग दबलेला दिसतो का पहा.

३. पाण्याचा पृष्ठभाग उचलणे.

एका टाचणीचा टोकदार भाग वाकवून आकडी तयार करा. टाचणीऐवजी बारीक तारही वापरावयास हरकत नाही. आकडीचे टोक शक्य तितके अणकुचीदार करा. एका काचेच्या भांड्यात पाणी घेऊन त्या पाण्याच्या पृष्ठभागाच्या

पातळीत तुमचा डोळा ठेवा. आता लाकडी पाण्याच्या पृष्ठभागाखाली नेऊन हलकेच वर उचला. विशेष बारकाईने पाहिले तर आकडीचे टोक पृष्ठभागातून बाहेर न पडता पाण्याचा पृष्ठभाग किंचित वर उचलीत असल्याचे दिसेल.

४. चाळणीत पाणी धरून ठेवणे.

चाळणीच्या तळाशी असलेल्या जाळीवर तेल ओता. नंतर चाळणी झटकून जादा तेल उडवून टाका म्हणजे जाळीची भोक मोकळी होतील. आता एका चोचीच्या भांड्याने चाळणीच्या बाजूवर हलकेच पाणी आत ओता. चाळणी निम्मी भरली म्हणजे ती एका बादलीवर अगर मोरीवर धरा व तिच्या तळाचे निरीक्षण करा. पाणी भोकातून खाली पडण्याचा प्रयत्न करीत असतानाही पृष्ठ-ताणामुळे ते धरून ठेवलेले दिसेल. चाळणीच्या तळाखालून हात फिरवा. लगेच पाणी भोकातून खाली पडून जाईल.

५. डब्याच्या झाकणाचा प्रयोग.

एका पत्र्याच्या डब्याचे झाकण घेऊन त्यास अगदी लहान खिळा आणि हातोडीच्या साहाय्याने बारीक छिद्रे पाडा. एका थाळीत पाणी घेऊन त्यावर हे झाकण तरंगत ठेवा. छिद्राच्यामधून वर पाणी येते का? आता हेच झाकण बाहेर काढून त्यावर हलकेच पाणी ओता. छिद्रामधून पाणी खाली पडते का?

६. काचेच्या ग्लासमध्ये पाण्याची शींग लावणे.

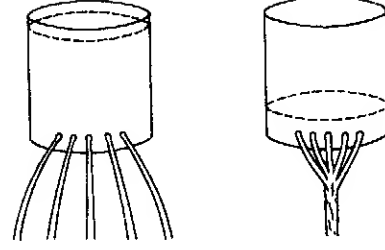
एका थाळीमध्ये किंवा बशीमध्ये एक काचेचे उभट भांडे ठेवा. त्याच्या वरच्या कडा कोरड्या फडक्याने पुसा. या भांड्यात अगदी काठोकाठ पाणी ओता. भांड्याच्या वरच्या कडेच्या वर काही मिलीमीटर उंचीपर्यंत पाणी ओतता येईल. आता भांड्याच्या कडेने एक एक नाणे किंवा धातूच्या पातळ चकत्या पाण्यात टाकावयास सुरुवात करा. यामुळे पाणी बाहेर न सांडता पाण्याचा पृष्ठभाग किती उंचीपर्यंत वर जातो ते पहा.

७. ब्रश टोकदार करणे.

कोणत्याही प्रकारचा रंगविण्याचा ब्रश घ्या व त्याच्या केसांचे निरीक्षण करा. हा ब्रश पाण्यात बुडवा. पृष्ठीय ताणामुळे सर्व केस एकत्र आलेले दिसतील. रंगाच्याचा ब्रश किंवा दाढीचा ब्रश वापरूनही हा प्रयोग करता येईल.

८. पृष्ठीय ताणासंबंधी एक जादू

एक पत्र्याचा डबा घ्या. त्याच्या भोवती तळाला लागून



सुमारे ५ मिलीमीटर अंतरावर पाच छिद्र खिळ्याने पाडा. आता डबा पाण्याने भरा. पाचही छिद्रांमधून पाण्याच्या पाच धारा खाली पडू लागतील. तुमचा अंगठा व बोटांचा उपयोग करून ह्या धारा एकत्र दाबा म्हणजे पाचही धारांची मिळून एकच धार तयार होईल. यानंतर सर्व छिद्रांवरून हात फिरवला तर पुन्हा पाच धारा वाहू लागतील.

९. कपड्यामधून पाणी खाली पडत नाही.

एक काचेचे भांडे व कापडाचा एक तुकडा किंवा रुमाल घ्या. भांडे पाण्याने भरा. कपडा ओला करून तो भांड्याच्या तोंडावर ताणून बसवा. कपड्यावरून भांड्याला दोरी बांधा म्हणजे कपडा पक्का बसेल. आता एका बादलीवर हे भांडे उलटे करून धरा. पृष्ठीय ताणामुळे भांड्यातील पाणी फडक्यामधून खाली पडत नाही.

१०. पृष्ठीय ताणावर साबणाचा परिणाम

एक मोठी थाळी (प्लेट) घेऊन ती धुवून चांगली स्वच्छ करा. थाळीमध्ये थंड पाणी भरून ती टेबलावर काही वेळ ठेवा म्हणजे पाणी स्थिर होईल. नंतर पाण्याच्या सर्व पृष्ठभागावर टाल्कम पावडर हलकेच पसरा. आता साबणाचा एक तुकडा पाण्यात भिजवून ओला करा व त्याचा थाळीतील पाण्याच्या एका बाजूस स्पर्श करा. त्यामुळे पृष्ठभागावर पसरलेली पावडर विरुद्ध बाजूस ओढली जाईल. साबणाने स्पर्श केलेल्या ठिकाणी पाण्यावरील पृष्ठीय ताण कमी होतो. त्या वेळी विरुद्ध बाजूचा पृष्ठीय ताण त्यामानाने जास्त असल्यामुळे तेथील पृष्ठभाग आकुंचन पावतो. त्याबरोबर पावडर त्या बाजूस ओढली जाते.

११. पृष्ठीय ताणावर गॅसोलीनचा परिणाम.

वरीलप्रमाणेच प्रयोग करा. मात्र थाळी चांगली स्वच्छ करून घ्या. त्याकरिता थाळीचा उपयोग करण्यापूर्वी ती थंड पाण्याने बरेच वेळा धुवून घ्या. या वेळी साबणाऐवजी

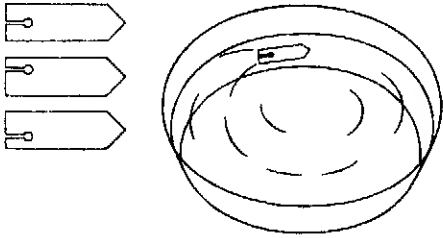
गॅसोलीन (पेट्रोल) चा एक थेंब थाळीच्या एका कडेला पाण्यात टाका. त्यामुळे पाण्याच्या पृष्ठीय ताणावर काय परिणाम होतो?

१२. दोऱ्याच्या कड्याचा उपयोग

जेवणाची एक थाळी स्वच्छ धुवून घ्या व नंतर ती पाण्याने भरा. थोड्याशा दोऱ्याला गाठ मारून त्याचे एक कडे तयार करा. हा दोरा पाण्यावर तरंगत ठेवा. कड्याच्या आतील बाजूस पाण्याला साबणाने स्पर्श करा. काय परिणाम होतो ते पहा.

१३. पृष्ठीय ताणाने होडी चालवणे.

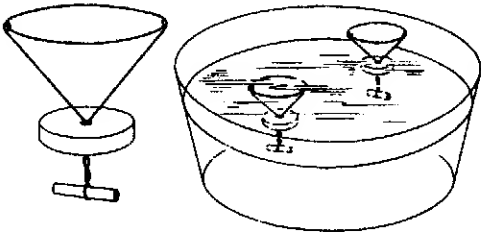
थोडा कापूर घ्या. जाड कागदाच्या सुमारे २.५ सें. मी. लांबीच्या २-३ होड्या तयार करा. होडीच्या रूंद बाजूमध्ये एक खाच पाडा. या खाचेमध्ये कापराची एवढी वडी ठेवा



की, होडी पाण्यात सोडल्यानंतर कापराचा पाण्यास स्पर्श झाला पाहिजे; परंतु ती पाण्यात पडता कामा नये. एका मोठ्या थाळ्यात पाणी घेऊन त्यात या होड्या सोडा. होडीच्या मध्यावर, डाव्या व उजव्या बाजूस खाच पाडली म्हणजे होडी फिरण्याच्या दिशेमध्ये फरक दिसून येईल.

१४. तरता पदार्थ व पृष्ठीय ताण

सुमारे ८ सें. मी. व्यासाचे तांब्याच्या तारेचे एक कडे तयार करा. आणखी दोन तांब्याच्या तारा घेऊन त्या



कड्याच्या दोन विरुद्ध बाजूस पक्क्या बसवा. या तारांची दुसरी टोके कड्याच्या खाली ८ सें. मी. अंतरावर एकमेकांस पीळ देऊन जोडा. पिळलेल्या तारांची लांबी सुमारे ५ सें. मी. असावी. आकृतीत दाखविल्याप्रमाणे

तारेला एक पसरट बूच जोडा व हे उपकरण पाण्यावर तरंगत राहील इतका कथलाचा वर्ख तारेच्या टोकाला अडकवा.

आता एका भांड्यात पाणी घेऊन त्यात वरील उपकरण धरून ते पाण्याखाली दाबा. ते तरंगत राहिले तरी पाण्याच्या पृष्ठभागातून वर घुसून येत नाही. वरचा पृष्ठभाग कसा ताणला जातो ते पहा.

१५. पृष्ठीय ताणामुळे गोल तयार होतात.

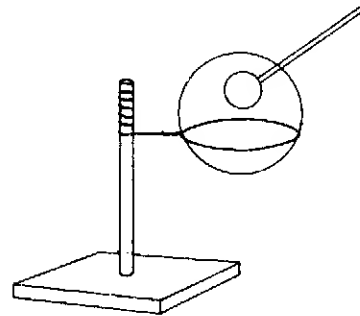
एक काचेचे भांडे घेऊन ते अल्कोहोलने तीन चतुर्थांश भरा. त्यावर औषध भरणीने तेलाचे काही थेंब टाका. नंतर भांड्याचा राहिलेला भाग पाण्याने भरा. मिश्रण बरोबर तयार झाले तर भांड्याच्या साधारणपणे मध्यावर तेलाचे गोलक तरंगत राहतील. पृष्ठीय ताणामुळे तेलाच्या थेंबांचे पूर्ण गोलात रूपांतर झालेले असते.

१६. फुंकून साबणाचे फुगे तयार करणे.

साबणाच्या पाण्याची फिल्म (पापुद्रा) व साबणाचे बुडबुडे यांमुळे पृष्ठताणासंबंधी बरीच उपयुक्त व मनोरंजक माहिती मिळते. चार कप गरम पाण्यामध्ये तीन चहाचे चमचे (सपाट भरून) साबणाची पूड किंवा साबणाचे फ्लेक्स मिसळून साबणाचे चांगले पाणी तयार करता येईल. हे साबणाचे द्रावण तीन दिवस तसेच ठेवून द्यावे. नंतर सुमारे ४ सें. मी. व्यासाच्या फुंकणीने, गवताच्या पोकळ काडीने, चिकणमातीच्या नळीने व ४ सें. मी. व्यासाच्या जुन्या पत्र्याच्या शिंगाने साबणाचा फेस घेऊन दुसऱ्या टोकामधून फुंका म्हणजे हवेमध्ये साबणाचे फुगे उडू लागतील.

गवताच्या काडीचे एक टोक सुमारे १ सें. मी. लांबीपर्यंत उभे कापून त्याचे चार भाग करा. हे चारही भाग बाहेरील बाजूला वाकवा म्हणजे एक चांगली फुंकनळी तयार होईल. दाढीचे पाते वापरून नळी चांगली कापता येईल.

१७. साबणाच्या फुग्यासाठी आधार तयार करणे.

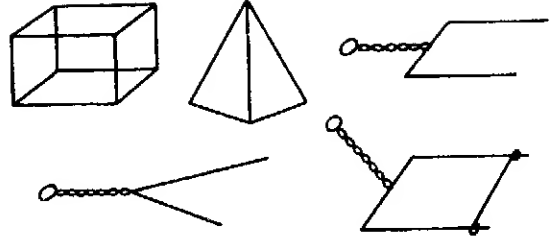


एक सुमारे १५ सें. मी. लांबीची गोल काठी एका लाकडी रिळामध्ये किंवा चौकोनी लाकडी पायावर उभी बसवा. या काठीच्या वरच्या बाजूस काही अंतरापर्यंत लोखंडी किंवा तांब्याची तार गुंडाळून काठीच्या पुढच्या बाजूस सुमारे १० सें. मी. व्यासाचे एक कडे तयार करा. हे कडे साबणाच्या पाण्यात बुडवून काढा.

एक मोठा साबणाचा बुडबुडा फुंकून तो वरील कड्यात सोडा. आता एक गवताची काडी साबणाच्या पाण्याने ओली करून ती वरील मोठ्या बुडबुड्यांमध्ये हलकेच सरकवून धरा. काडीमधून फुंकून एक लहानसा फुगा त्यात सोडा. हा प्रयोग यशस्वी होण्याकरिता बऱ्याच वेळा प्रयत्न करावा लागेल.

१८. साबणाच्या पातळ पडद्यासंबंधी (फिल्म) काही प्रयोग

आकृतीत दाखविल्याप्रमाणे तारेला वेगवेगळे आकार



द्या. हे वेगवेगळे आकार साबणाच्या दाट द्रावणामध्ये बुडवून पातळ (पापुद्रे) कसे तयार होतात ते पहा.

या वेगवेगळ्या आकारांच्या तारांना सरकण्या जोडून त्या साबणाच्या द्रावणात बुडवा. सरकणी हळूच बाहेर ओढा व साबणाचा पातळ पडदा कसा ताणला जातो ते पहा. सरकणी सैल सोडा. या वेळी पापुद्र्याच्या आकुंचनामुळे सरकणी मागे ओढली जाईल.

यंत्रांच्या अभ्यासाकरिता प्रयोग व साहित्य

अ. तरफ, चाक आणि कणा, कप्पी

१. समान भुजांची साधी तरफ

१५ सें. मी. चौरस व २ सें. मी. जाड अशा मापाचा एक लाकडी ठोकळा घ्या. त्याच्या मध्यावर ४ सें. मी. चौरस व ३ सें. मी. जाड अशा मापाचा एक लहानसा लाकडी ठोकळा पक्का बसवा. या ठोकळ्याच्या दोन बाजूंना १९ सें. मी. लांब, ३.५ सें. मी. रुंद व १ सें. मी. जाड अशा दोन लाकडी पट्ट्या स्कूने उभ्या बसवा. या पट्ट्यांच्या वरच्या बाजूस अगदी पातळ करवतीने सुमारे २ सें. मी. खोल खाचा पाडा. या खाचांमध्ये २ किंवा ३ मि. मी. वर राहतील अशा तऱ्हेने वस्तूच्याची पाती बरोबर बसली पाहिजेत.

सुमारे १ मीटर लांब, ४ सें. मी. रुंद व ५ मि. मी. जाड पट्टी तरफेची दांडी म्हणून उपयोगात आणता येईल. ही पट्टी चाकूच्या पात्यावर तोलून धरा व तिचा मध्य बरोबर शोधून काढा. या मध्यातून एक बारीक खिळा बसवा. उभ्या पट्ट्यांच्या खाचांत बसविलेल्या पात्यावर ही दांडी आधारित राहून ती हलती राहिल इतकी खिळ्याची लांबी असावी.

दांडी पात्यावर ठेवून ती समतोल राहते का पहा. नसल्यास तिचा जड बाजूचा भाग चाकूने अगर करवतीने जरूर तेवढा कापून ती समतोल करा.

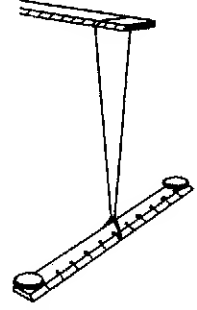
खिळा बसविलेल्या ठिकाणापासून (दांडीचा टेकू किंवा मध्य) दोन्ही बाजूला दांडीवर १ सें. मी. अंतरावर शेवटपर्यंत खुणा करा. दांडीभोवती दोऱ्याची कडी बसवून त्यांना वजने टांगण्याची व्यवस्था करा.

१. टेकूपासून २० सें. मी. अंतरावर दांडीच्या एका बाजूला १० ग्रॅम वजन अडकवा. टेकूच्या दुसऱ्या बाजूला किती अंतरावर १० ग्रॅम अडकविले असता दांडी समतोल राहते ते पहा. टेकूच्या जवळ आणि दूर वजन अडकवून हाच प्रयोग पुन्हा करून पहा.
२. १०० ग्रॅमची वजने घेऊन वरीलप्रमाणेच प्रयोग करून पहा.
३. टेकूच्या एका बाजूस दोन वजने अडकवा व दुसऱ्या

बाजूस एकच वजन अडकवून दांडी समतोल करा. दांडी समतोल केव्हा राहते यासंबंधी काही नियम निघतो का पहा. **सूचना :** टेकूच्या एका बाजूस असलेल्या प्रत्येक वजनाचा व त्याचे टेकूपासूनचे अंतर यांचा गुणाकार करा. दोन्ही गुणाकारांची बेरीज करा. टेकूच्या दुसऱ्या बाजूचे वजन व त्याचे टेकूपासूनचे अंतर यांचा गुणाकार करा. दोन्ही गुणाकारांची तुलना करा.

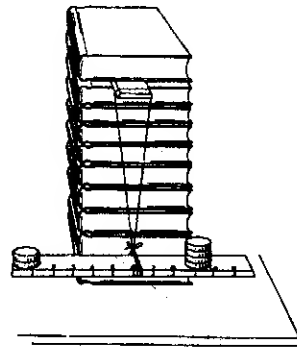
२. साधा तराजू

आकृतीत दाखविल्याप्रमाणे दोरीच्या कड्यांनी एक पट्टी टेबलाच्या पृष्ठभागाच्या जरा वर राहिल अशी टांगून ठेवा. पट्टी समतोल राहिली म्हणजे तिच्या दोन्ही बाजूंवर समान नाणी ठेवून पट्टी पुन्हा समतोल करा. नाण्यांची संख्या कमी-जास्त करून व टेकूपासूनचे अंतर बदलून भ्रामकत्वाचा नियम (प्रिन्सिपल ऑफ मोमेंट्स) सिद्ध करा. उदाहरणार्थ, टेकूच्या एका बाजूला पट्टीच्या टोकाशी दोन नाणी ठेवली तर दुसऱ्या बाजूस टेकू व पट्टीचे टोक यांच्यामधील अंतराच्या निम्म्या अंतरावर चार नाणी ठेवली असता पट्टी समतोल राहते.



३. दांडीचा साधा तराजू

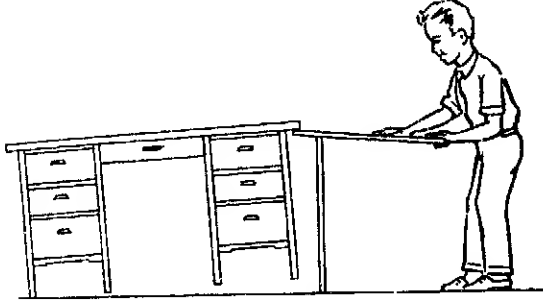
विद्यार्थ्यांचे वजन करण्याच्या काट्याची दांडी म्हणजे एका टोकाशी टेकू असलेली साधी तरफच होय. या



प्रकारच्या काट्यातील तत्त्व सहज स्पष्ट करता येईल. त्याकरिता वरील प्रयोगास टांगून ठेवलेल्या पट्टीवर टेकूजवळ ८ किंवा १० नाण्यांची चळत ठेवा. टेकूच्या दुसऱ्या बाजूला पट्टीवर एकच नाणे मागे-पुढे सरकवून अशा ठिकाणी ठेवा की पट्टी समतोल राहिल.

४. पहिल्या प्रकारची तरफ

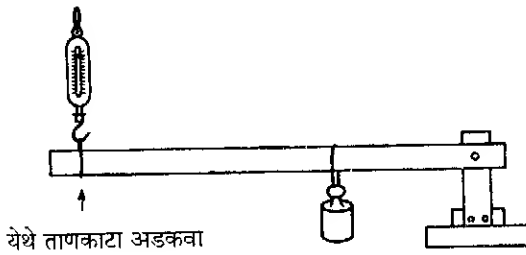
वर्गातील जड डेस्क किंवा टेबलाच्या उंचीइतकीच एक काठी कापून तयार करा. या काठीवर तितक्याच लांबीची



दुसरी एक काठी ठेवा. या काठीचे एक टोक डेस्कच्या किंवा टेबलाच्या एका कडेखाली ठेवून तिचा तरफेप्रमाणे उपयोगात करा व काठीचे दुसरे टोक खाली दाबून डेस्क किंवा टेबल उचलण्याचा प्रयत्न करा.

जड पदार्थ उचलताना तरफेच्या लांब भुजेची हालचाल आखूड भुजेच्या हालचालीपेक्षा जास्त होते हे तुमच्या लक्षात येईल. यामध्ये खरोखर एकंदर खर्च झालेली शक्ती कमी लागत नाही; परंतु आखूड भुजेमध्ये उत्पन्न झालेला जोर लांब भुजेला लावलेल्या जोरापेक्षा पुष्कळ जास्त असतो.

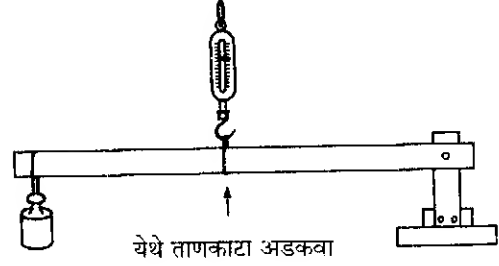
५. दुसऱ्या प्रकारची तरफ



सुमारे १ मीटर लांब, ४ सें. मी. रुंद व ५ मिलीमीटर जाड अशी एक लाकडी पट्टी घ्या. पट्टीच्या एका टोकाशी मध्यावर एक भोक पाडा. पहिल्या प्रयोगाप्रमाणे दोन उभ्या

पट्ट्या घेऊन त्यांच्या तळापासून १२ सें. मी. उंचीवर प्रत्येकीच्या मध्यावर एक भोक पाडा. या दोन उभ्या पट्ट्यांच्यामध्ये वरील लाकडी पट्टी अशी धरा की, तिन्ही भोके एका रेषेत येतील. या तिन्ही भोकांमधून एक खिळा बसवा. पट्टीला एक वजन लोंबकळत ठेवा व तिच्या दुसऱ्या टोकाला वरच्या बाजूस ताणकाटा अशा ठिकाणी अडकवा की पट्टी समतोल राहिल.

६. तिसऱ्या प्रकारची तरफ

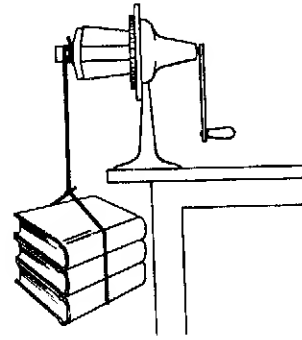


तिसऱ्या प्रकारची तरफ तयार करण्याकरिता वरील ५ व्या प्रयोगाप्रमाणेच सर्व साहित्य घ्या. फक्त वजन आणि ताणकाटा यांच्या जागांची अदलाबदल करा.

७. सी-साँची तरफ

सुमारे ३ मीटर लांबीची एक जाड फळी वर्गात आणा. एका पेटीवर किंवा त्यासारख्या एखाद्या वस्तूवर ही फळी ठेवून ती समतोल राहिल अशी व्यवस्था करा. टेकूच्या दोन्ही बाजूंना फळीवर कमी-जास्त बाजूंना मुले बसवून त्यांना सी-साँचा खेळ खेळावयास सांगा.

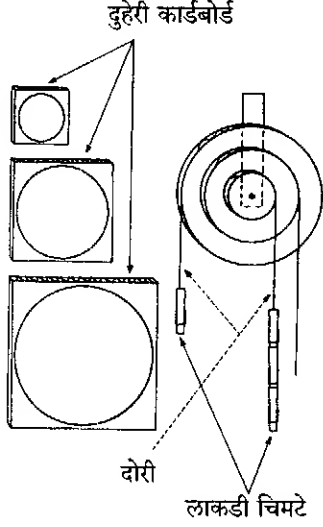
८. साधे चाक व त्याचा कणा



पेन्सिल करण्याच्या यंत्राचे वरचे झाकण काढून त्याच्या दांडीच्या टोकाला एक दोरी गुंडाळा. या दोरीच्या खालच्या टोकास पुष्कळ किलोग्रॅमचे वजन बांधा व यंत्राचा दांडा

फिरवा. दांडा फिरवण्यास लागणारा जोर वजनाच्या मानाने फारच कमी असल्याचे तुमच्या लक्षात येईल. यंत्राचा उपयोग चाक आणि कणा यांच्यासारखा केला असल्याचे विद्यार्थ्यांच्या लक्षात आणून द्यावे.

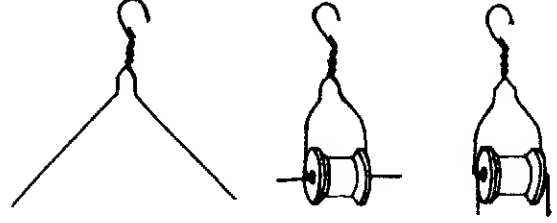
९. चाक आणि कणा यांचा आणखी एक प्रकार



काचेसारखे नाजूक जिन्नस ठेवण्याकरिता वळ्या असलेल्या कार्डबोर्डच्या दोन्ही बाजूला कार्डबोर्ड चिकटवून दुहेरी कार्डबोर्ड तयार करतात, तसल्या दुहेरी कार्डबोर्डचे तुकडे घ्या. त्यावर कंपासच्या साहाय्याने १५, १० व ५ सें. मी. व्यासाची वर्तुळे काढा. कंपासने वर्तुळाच्या मध्यावर भोक पाडा व दुसऱ्या बाजूवर तेवढ्याच मापाची वर्तुळे काढा. परिघाच्या रेषेवरून कार्डबोर्ड काळजीपूर्वक कापा म्हणजे वेगवेगळ्या मापांची चाके तयार होतील. प्रत्येक चाकाच्या मध्यावर खिळ्याने भोक पाडा. सर्वात मोठे चाक एका बाजूला व सर्वात लहान चाक दुसऱ्या बाजूस येईल अशा रीतीने ही चाके एकमेकांवर चिकटवून टाका. म्हणजे सर्व चाके एका आसाभोवती फिरतील. आकृतीत दाखविल्याप्रमाणे ती बसवा. एखाद्या बोथट हत्याराने प्रत्येक चाकाची कड दाबून खोबण तयार करा. अशा प्रकारे तयार झालेल्या प्रत्येक कप्पीवरून दोरी गुंडाळा. खोबणीत एक टाचणी बसवून तिला दोरीचे एक टोक बांधून टाका. दोरीच्या दुसऱ्या टोकाला फास तयार करा म्हणजे त्यामध्ये वजन अडकविता येतील. कपडे वाळत घालण्याकरिता वापरतात तसल्या लाकडी

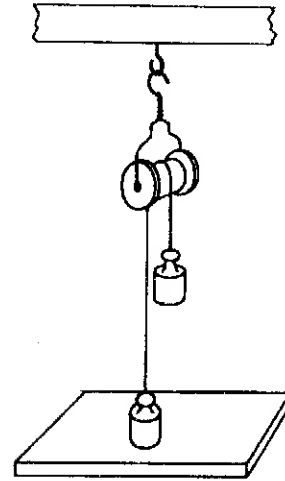
चिमट्यांचा हलक्या वजनासारखा उपयोग करा. तरफेप्रमाणेच या साधनाच्या साहाय्याने कितीतरी पट वजन उचलता येत असल्याचे तुमच्या नजरेस येईल. चाक आणि कणा हा तरफेचाच एक प्रकार आहे.

१०. साधी कप्पी (पुली) कशी तयार करता येईल तारेची कपडे-अडकवणी व रीळ वापरून कप्पी तयार



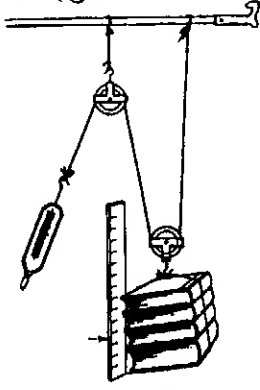
करता येईल. अडकवणीच्या आकड्यापासून दोन्ही बाजूंना २० सें. मी. अंतरावर तारा तोडून टाका. या तारांची टोके काटकोनात वाकवून त्या तारा रिळामधून घाला. रीळ सहज फिरेल अशा रीतीने तारा बसवा. नंतर रिळामधून दोन्ही बाजूस बाहेर आलेल्या तारा खालच्या बाजूस वाकवा म्हणजे त्या फाकणार नाहीत.

११. एक अचल (फिक्स्ड) कप्पी



आकृतीत दाखविल्याप्रमाणे एक अचल कप्पी बसवा. वेगवेगळी वजने वापरून २५, ५०, ७५, १०० व २०० ग्रॅम वजने उचलण्याकरिता किती जोर लागतो ते पहा. विरोधी जोर (म्हणजे वजने) २० सें. मी. अंतर वर किंवा खाली सरकली तर लावलेले वजन (म्हणजे शक्ती) किती अंतर सरकते ते पहा.

१२. एक चल (मुव्हेबल) कप्पी

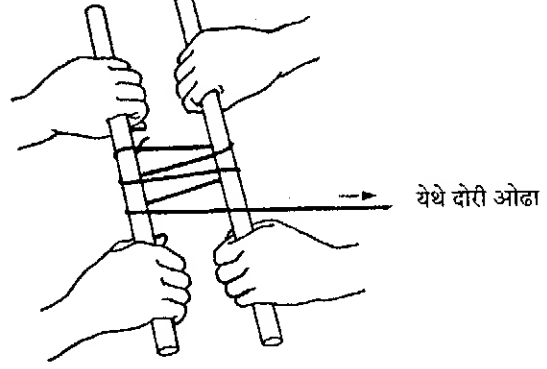


आकृतीत दाखविल्याप्रमाणे आडव्या आधारस्तंभाला दोन कप्प्या टांगून ठेवा. योग्य आधारस्तंभ मिळाला नाही तर दोन खुर्च्या एकमेकींकडे पाठ करून ठेवा व त्यावर काठी आडवी ठेवून तिला कप्प्या टांगून ठेवा. दोरीच्या टोकाला ताणकाटा अडकवा. आता कप्प्यांच्या या जोडणीमुळे उचलावयाचे वजन व त्याकरिता लागलेला जोर यांची परस्परांशी तुलना करा. तसेच वजन आणि जोर किती अंतरामधून सरकतात त्याचीही तुलना करा.

१३. दोरी व जोडकप्प्या

काही फूट अंतरावर दोन विद्यार्थ्यांना उभे करा. आकृतीत दाखविल्याप्रमाणे प्रत्येकास एक दंडा हातात धरावयास सांगा. (उदा.- केरसुणीचा दांडा) एक दोरी

घेऊन तिचे एक टोक एका दंड्याला बांधा. नंतर या दोरीचे दोन्ही दंड्यांभोवती अनेक वेढे द्या. त्यामुळे कप्प्यांची जोडणी केल्यासारखे होईल. वरील दोन्ही विद्यार्थ्यांपेक्षा लहान असलेल्या तिसऱ्या एका विद्यार्थ्याला दोरीचे दुसरे



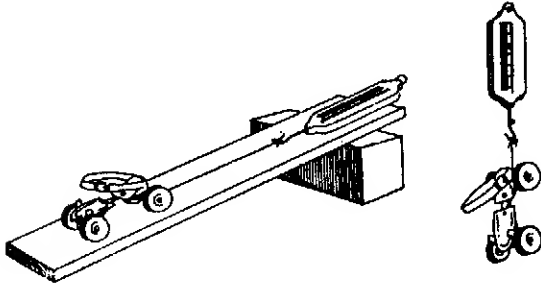
टोक हातात धरून ओढावयास सांगा. दोन्ही विद्यार्थ्यांनी दंडे अगदी घट्ट ओढून धरले असले तरी हा तिसरा विद्यार्थी सहजपणे दोरी ओढून दोन्ही दंडे जवळ आणू शकेल.

शक्ती वाढविण्याकरिता जोड कप्प्यांचा उपयोग केलेल्या साधनांची एक यादी तयार करा. दोरी लावून ओढण्याची अशी काही साधने आहेत. उदाहरणार्थ, खचलेली वाहने अगर जड वजन ओढणाऱ्या मोटारी, यांत्रिक खोरी वगैरे. अशा आणखी काही यंत्रांची उदाहरणे सांगा.

आ. उतरण, मळसूत्र (स्कू) आणि पाचर

१. साधी उतरण

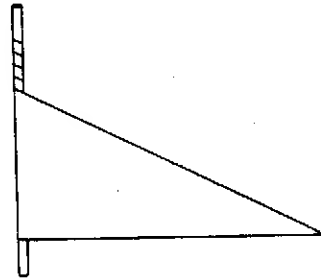
एक छोटीशी चाकांची गाडी ताणकाट्यास जोडा व त्याच्या साहाय्याने ही गाडी उतरत्या फळीवरून वर ओढा.



त्याकरिता किती जोर लागतो ते ताणकाट्याने पहा. हीच गाडी सरळ वर तितक्याच उंचीपर्यंत उचलण्यास किती जोर लागतो ते पहा. दोन्ही जोरांची परस्परांशी तुलना करा. तसेच

गाडी सरळ वर उचलण्याऐवजी उतरणीवरून तितक्याच उंचीपर्यंत आणली तर गाडी जास्त अंतरावर ओढावी लागते हे तुमच्या लक्षात आले असेल. मात्र घर्षण लक्षात घेतले नाही तर दोन्ही वेळा होणारे एकूण कार्य (वर्क) समान असते. इतर साध्या यंत्रांच्या बाबतीत हीच गोष्ट नजरेस येते.

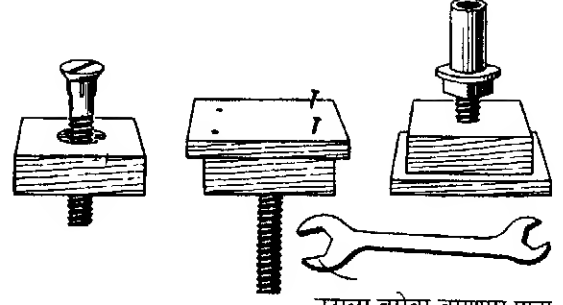
२. मळसूत्र ही एक उतरणच आहे.



एका पांढऱ्या किंवा गुंडाळण्याच्या कागदावर एक काटकोन त्रिकोण काढून त्याप्रमाणे कागद कापून घ्या. या त्रिकोणाचा पाया सुमारे ३० सें. मी. व सर्वात लहान बाजू सुमारे १५ सें. मी. लांब असावी. अदमासे २० सें. मी. लांबीची एक गोल काठी घ्या. तिच्यावर त्रिकोणी कागदाची लहान बाजू ठेवून कागद काठीभोवती शेवटपर्यंत गुंडाळा. या वेळी त्रिकोणाचा पाया सारखा राहिल अशी काळजी घ्या. त्रिकोणाचा कर्ण (उतरणीची लांबी) काठीभोवती स्क्रूच्या पेचाप्रमाणे गुंडाळला असल्याचे तुमच्या लक्षात येईल.

३. साधा जॅक स्क्रू

खालपासून वरपर्यंत पेच असलेला एक बोल्ट घ्या. एक लाकडी ठोकळा घेऊन त्याला वरील बोल्ट बरोबर बसेल असे एक भोक पाडा. या भोकामध्ये बोल्ट असा बसवा की, त्याचा माथा ठोकळ्याच्या पृष्ठभागाबरोबर येईल. त्यावर एक लाकडी फळी खिळे ठोकून बसवा. ठोकळ्याच्या खाली आलेल्या पेचांच्या भागामध्ये एक नट घाला. त्यावर चाकी (वॉशर) व नंतर धातूची एक लहानशी नळी बसवा. या नळीचा आतील व्यास



नटाला बरोबर बसणारा पाना

बोल्टाच्या व्यासापेक्षा किंचित जास्त असावा म्हणजे ती बोल्टावर आटे न घासता बरोबर बसेल. नट पान्याने (स्पॅनर) अगर पिरगळणीने फिरविला की, या साधनाचा उपयोग जॅक स्क्रूप्रमाणे जड वस्तू उचलण्याकरिता होईल. मोटारीचे चाक असेच उचललेले तुम्ही पाहिले असेल.

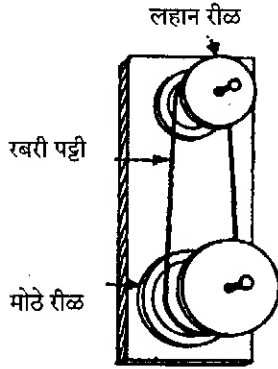
४. पाचर

लाकडाची एक पाचर तयार करा. ती टेबलाच्या पायाखाली किंवा दुसऱ्या कोणत्याही जड वस्तूच्या खाली सरकवा. या पाचरीचा दुहेरी उतरणीसारखा उपयोग होत असल्याचे तुमच्या नजरेस येईल.

इ. यंत्रांच्या उपयोगाने वेग वाढतो.

१. लहान व मोठे रीळ

खिळ्यांचा आसासारखा उपयोग करून एक लहान व एक मोठे रीळ एका लाकडी फळीवर सहज फिरतील अशी



बसवा. दोन्ही रिळांभोवती मिळून एक रबरी पट्टी बसवा. आता मोठे रीळ फिरवून त्याचा एक फेरा पूर्ण करा. त्यामुळे लहान रिळाचे फेरे एकापेक्षा कमी होतात का जास्त होतात ते पहा. अशा रीतीने पट्टे वापरून फिरविलेल्या साधनांची यादी तयार करा.

२. सायकलचा उपयोग

सायकल उलटी करून ती तिच्या बैठकीवर व मुठीच्या दांड्यावर आधारून ठेवा. तिच्या पायठ्याचा (पेडल) एक फेरा पूर्ण करा. त्यामुळे मागील चाकाचे किती फेरे होतात ते पहा.

३. अंडे घुसळण्याचे यंत्र

अंडे घुसळण्याचे यंत्र, भोक पाडण्याचे हात-यंत्र किंवा अशाच प्रकारे दातेरी चाके असलेले यंत्र फिरवून वेग कसा वाढविता येतो याचे निरीक्षण करा.

४. तरफेचा उपयोग

टेकू मध्यावर नसेल तर तरफेची लांब भुजा आखूड भुजेपेक्षा जास्त प्रमाणात व जास्त वेगाने फिरते. बेसबॉलच्या किंवा क्रिकेटच्या बॅटीचा वापर करताना या तत्त्वाचा उपयोग केला जातो. वेग वाढविण्याकरिता तरफांचा उपयोग करून घेतलेल्या आणखी काही साधनांची अगर यंत्रांची यादी करा.

५. कप्पीचा उपयोग

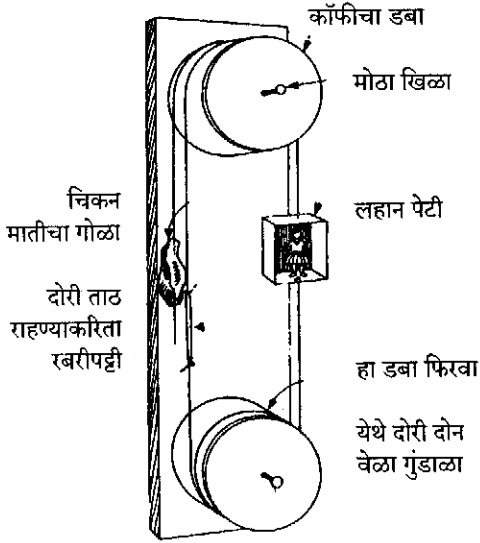
‘अ’ विभागातील १२ व्या परिच्छेदात सांगितल्याप्रमाणे कप्प्यांची जोडणी करा. चलकप्पी जोराने ओढा. त्यामुळे दोरीच्या टोकाला अडकविलेले वजन किती जोराने वर येते ते पहा.

६. चाक आणि कण्याचा उपयोग

‘अ’ विभागातील आठव्या प्रयोगात वापरलेले पेन्सिल करण्याचे यंत्र घ्या. पुस्तके अडकविलेले दोरीचे टोक ओढा. त्यामुळे यंत्राचा दांडा किती वेगाने फिरतो ते पहा.

ई. जोराची दिशा बदलण्याकरिता यंत्राचा उपयोग कसा होतो?

१. वस्तू वर चढविण्याच्या यंत्राचा (इलेव्हेटर) नमुना साध्या साहित्याचा उपयोग करून अशा प्रकारचे यंत्र तयार करता येईल. कॉफीच्या धातूच्या डब्याचा उपयोग

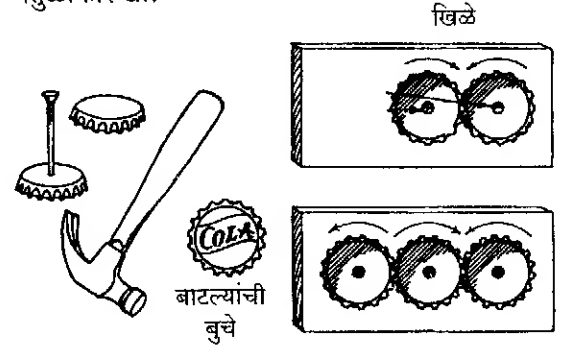


फिरते ढोल किंवा चाके म्हणून करता येईल. या डब्यांच्या तळाशी व झाकणला बरोबर मध्यावर हातोडीने मोठा खिळा ठोकून भोके पाडा. डब्यांना झाकणे बसवा. एका उभट लाकडी फळीच्या वरच्या व खालच्या टोकास हे डबे बसवा. हे डबे खिळ्याभोवती सहज फिरावे.

उचलण्याची वस्तू म्हणून एक कार्डबोर्डची किंवा लाकडी पेटी घ्या. पेटीच्या वरच्या व खालच्या टोकास दोरी बांधून ती आकृतीत दाखविल्याप्रमाणे डब्याभोवती गुंडाळा. या पेटीस तोलून धरण्याकरिता तिच्या वजनाइतका एक चिकनमातीचा गोळा उपयोगात आणा. दुहेरी दोरी गुंडाळलेला डबा फिरवून यंत्र चालू करा. हा नमुना जवळजवळ खऱ्या यंत्रासारखाच आहे. मात्र खऱ्या यंत्रामध्ये विजेच्या मोटारीने चाक फिरविले जाते.

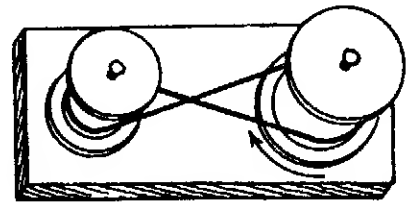
२. साधी दातेरी चाके

बाटल्यांची फिरकीची झाकणे (टोपणे) घेऊन त्यांच्या मध्यावर हातोडीने मध्यम आकाराचा खिळा ठोकून भोके पाडा. टोपणांच्या कडा सरळ करून त्यांना शक्य तितका वर्तुळाकार द्या.



ही दोन टोपणे एका लाकडी फळीवर अशी बसवा की त्यांचे दाते एकमेकांत बरोबर बसतील व ती फिरती राहतील. एक टोपण फिरविण्यास सुरुवात करा. त्यामुळे दुसरे टोपण कोणत्या दिशेने फिरते ते पहा. आणखी एक टोपण फळीवर बसवून प्रत्येक टोपण कोणत्या दिशेने फिरते ते पहा.

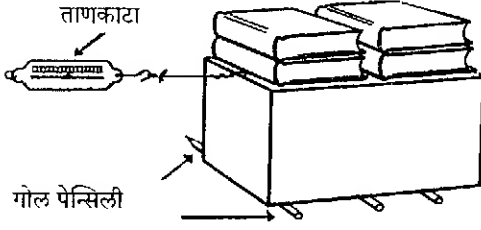
३. तिढा दिलेल्या पट्ट्याचा उपयोग



‘इ’ १ मधील लाकडी कप्प्यांवर बसविलेल्या रबरी पट्ट्याला एक तिढा द्या. एक कप्पी फिरविण्यास सुरुवात करा. त्या वेळी दुसरी कप्पी विरुद्ध दिशेने फिरत असलेली दिसेल.

उ. घर्षणाचा उपयोग व घर्षण कमी करण्याचा उपाय

१. पेन्सिली वापरून घर्षण कमी करणे.



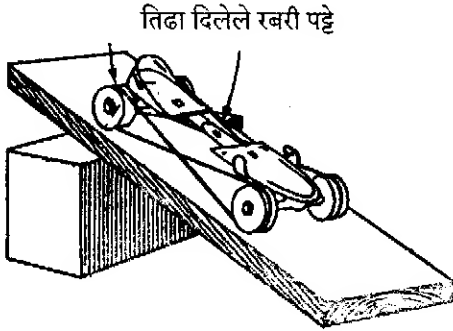
एका जड पेटीच्या खाली गोल पेन्सिली ठेवा. पेटीला दोरी बांधून ती हलविण्यास किती जोर लागतो ते पहा. पेन्सिली न वापरता पेटी हलविण्यास किती जोर लागतो ते पहा. दोन्ही जोरांची नोंद करून निष्कर्ष काढा व त्याचे स्पष्टीकरण करा.

२. चाकांचा उपयोग

गोल पेन्सिलीऐवजी चाकांचा (रोलर स्केट्स) उपयोग करून वरीलप्रमाणेच प्रयोग करा. वस्तू हलविण्याकरिता पेन्सिलीऐवजी चाकांचा उपयोग केल्यामुळे विशेष काय फायदा होतो ते सांगा.

३. घसरते (स्लायडिंग) घर्षण

दोन्ही बाजूंच्या चाकांवर (रोलर स्केट्स) असलेल्या रबरी पट्ट्यांना तिढा द्या. या चाकांची गाडी उतरत्या फळीवर ठेवा व रबराच्या घर्षणामुळे गाडी खाली सरकत नाही ही गोष्ट तुमच्या नजरेस येईल. (चाकांची फिरण्याची दिशा उलटसुलट असल्याने ती फिरत नाहीत.)



४. घर्षण होत असलेल्या जागा

वेगवेगळ्या यांत्रिक साधनांचे निरीक्षण करून कोण-कोणत्या भागांमध्ये घर्षण होते ते शोधून काढा. वेगवेगळी चाके (रोलर स्केट्स) कण्या व खेळण्यातील चाके यांना

तेल देण्याची जरूरी असते. अशा प्रकारच्या दोन समान आकारांची बेअरिंग्ज (उदा. रोलर स्केट्स) घ्या. एकाला तेल द्या. नंतर दोन्ही फिरवा व त्यापैकी कोणते सहज सुलभ फिरते ते पहा. बरेच दिवस तेल न दिलेले यंत्र तेल दिल्याबरोबर कसे सहज फिरते ते पहा.

५. तेल घालून घर्षण कमी करणे.

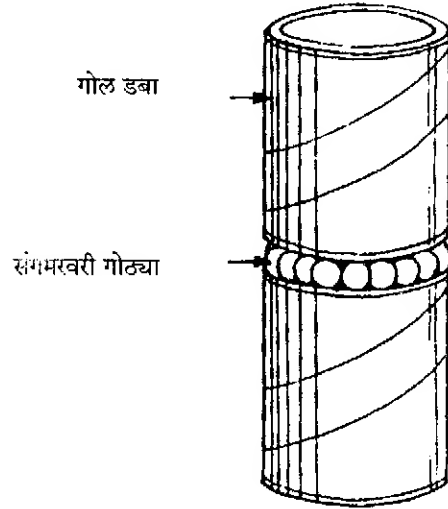
काचेची दोन तावदाने शेजारी ठेवा. त्यापैकी एकावर तेलाचे काही थेंब टाका. प्रथम विद्यार्थ्यांना तेल न घातलेल्या तावदानावर हाताची बोटे मागे-पुढे सरकविण्यास सांगा. नंतर तेल घातलेल्या तावदानावर फिरविण्यास सांगा. काय फरक दिसून येतो ते विचारा.

६. खडबडीत पृष्ठभागावरील घर्षण

सँडपेपरच्या कागदाचे दोन तुकडे एकावर एक ठेवा. ते एकमेकांवर घासले असता घर्षण कसे उत्पन्न होते ते पहा. आता दोन तुकड्यांच्यामध्ये वंगण किंवा तेल (ग्रीज) सोडा. हा तेलकट पदार्थ, कागदावरील खरबरीत भागात गेल्यामुळे दोहोंमध्ये होणारे घर्षण कमी होते. अशाच प्रकारे यंत्राच्या भागांमध्ये तेल सोडले म्हणजे तेथील घर्षण कमी होते.

७. बॉल बेअरिंग्ज वापरून घर्षण कमी करणे.

पत्र्याचे दोन गोल डबे घ्या. त्यांच्या वरच्या पृष्ठभागाची सभोवतालची कड जास्त खोलगट असावी. तेलाचे घट्ट झाकणाचे डबे असतात, त्यांच्या झाकणाच्या



कडेला अशी खोबण असते.

एका डब्याच्या खोबणीत संगमरवरी अगर काचेच्या गोट्या एकास एक लागून ठेवा. त्यावर दुसरा डबा उलटा ठेवा. म्हणजे बॉल - बेअरिंगचा नमुना तयार झाला. वरच्या डब्यावर एक पुस्तक ठेवा. आता बॉल बेअरिंग किती सहज फिरते ते पहा. गोट्यांवर तेल सोडले तर ते फिरविण्यास आणखी सोपे जाईल.

८. बॉल - बेअरिंग

बॉल बेअरिंग व रोलर बेअरिंग यांचे बारकाईने निरीक्षण करा. बेअरिंग वापरलेल्या यंत्रांची यादी तयार करा.

९. बॉल बेअरिंग

पत्र्याच्या डब्याचे झाकण जमिनीवर ठेवून त्यावर काही वर्तुळाकार गोट्या ठेवा. या गोट्यांवर एक पाय ठेवून स्वतः भोवती फिरा. गोट्यांमुळे फिरण्यास किती सोपे जाते ते पहा.

जोर (फोर्स) आणि जडत्व (इनर्शिया) यांच्या अभ्यासाकरिता प्रयोग व साहित्य

अ. समतोलत्व

१. समतोल जोराचा अभ्यास करण्याकरिता उपकरण तयार करणे.

दहाव्या प्रकरणातील 'अ, १' हा प्रयोग पहा.

२. सी-सॉवरील समतोलत्व

सुमारे ३ सें. मी. लांबीची एक बळकट लाकडी फळी घ्या. एक पायखोडा किंवा पेटी घेऊन तीवर ही फळी समतोल राहिल अशी ठेवली की सी-सॉ किंवा डोलणारी फळी तयार होईल. शक्य असल्यास वर्गामध्ये असा सी-सॉ तयार करा. शाळेच्या क्रीडांगणावर लहान मुलांकरिता असा सी-सॉ असेलही. (१० व्या प्रकरणातील 'अ ७' हा प्रयोगही पहा.)

दोन समान वजनाच्या मुलांना फळी समतोल राहिल अशा बेताने तिच्या दोन्ही बाजूंना बसावयास सांगा. प्रत्येक मुलाचे आधारापासूनचे अंतर मोजा.

आता एका बाजूस जास्त वजनाच्या मुलास बसवून दुसऱ्या बाजूस कमी वजनाच्या मुलास अशा ठिकाणी बसवा की फळी समतोल राहिल. अंतरामध्ये काय बदल होतो ते पहा. यानंतर एका बाजूस दोन मुलांना व दुसऱ्या बाजूस एका मुलाला बसवून फळी समतोल करा. अंतर कसे बदलते ते पहा. प्रत्येक बाजूच्या मुलाचे वजन व त्याचे आधार बिंदूपासूनचे अंतर यांचा गुणाकार केला की समतोलत्वासंबंधीची बरीच मनोरंजक माहिती मिळेल.

सूचना : एका बाजूस दोन मुले बसली असतील तर प्रत्येक मुलाचे वजन आणि त्याचे आधारबिंदूपासूनचे अंतर यांचा स्वतंत्र गुणाकार करून नंतर त्यांची बेरीज करा.

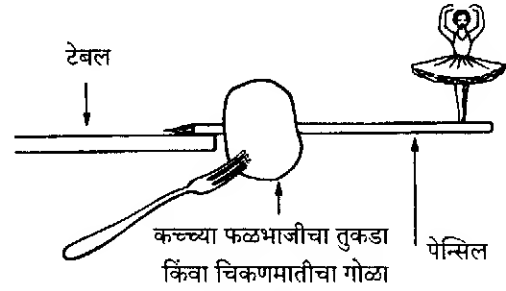
३. समतोलपणाची जादू

एक मीटर लांबीची गुळगुळीत काठी घ्या. दोन तर्जनीचा (अंगठ्याजवळचे बोट) आधार देऊन ही काठी तोलून धरा. प्रथम बोटे काठीच्या दोन टोकांना ठेवून ती मध्याकडे सरकवत आणा. दोन बोटांची गाठ कोठे पडते ते सांगा. आता उजव्या अंगठ्याजवळचे बोट काठीच्या उजव्या टोकाखाली धरा आणि डाव्या अंगठ्याजवळचे

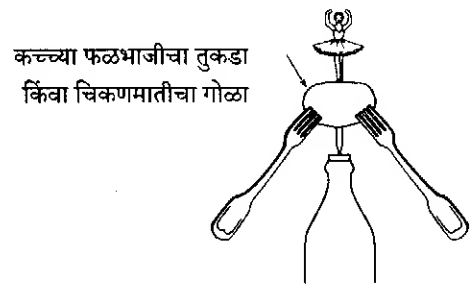
बोट, काठीचे डावे टोक व तिचा मध्यबिंदू यांच्या मध्यावर ठेवा. या वेळी दोन्ही बोटे सरकवत आणली असता एकमेकांस कोठे मिळतात ते पहा. आता डावे बोट डाव्या टोकाखाली धरा आणि उजवे बोट, उजवे टोक व मध्यबिंदू यांच्यामध्ये धरा. दोन्ही बोटे सरकवत आणली असता एकमेकांस कोठे मिळतात ते पहा. वेगवेगळ्या ठिकाणी बोट ठेवून प्रयोग करा. या मनोरंजक प्रयोगाचे स्पष्टीकरण तुम्हांला देता येईल का?

४. समतोलत्वासंबंधीचे काही साधे प्रयोग

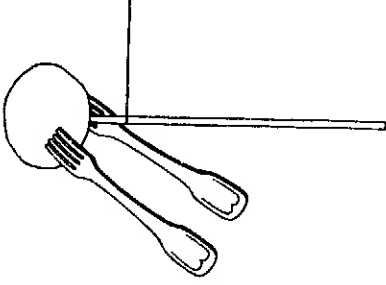
(अ) तीक्ष्ण धारेच्या चाकूने एखाद्या फळभाजीचा २.५ सें. मी. जाडीचा तुकडा कापून घ्या किंवा तितक्याच



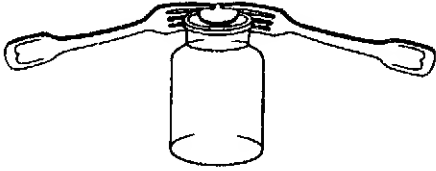
जाडीचा एक चिकणमातीचा गोळा घ्या. त्यामध्ये शिस-पेन्सिलीची टोकदार बाजू घुसवून ती दुसऱ्या बाजूस २.५ सें. मी. बाहेर येईल अशी व्यवस्था करा. आकृतीत दाखविल्याप्रमाणे त्या तुकड्यात एक जेवणाचा काटा घुसवा. आता पेन्सिलीची टोकदार बाजू टेबलाच्या कडेवर ठेवून हे सर्व साहित्य समतोल राहिल अशी योजना करा. नंतर पेन्सिलीच्या लांब बाजूवर एक टिचकी मारा.



(आ) फळभाजीचा एक तुकडा किंवा चिकणमातीचा गोळा, जेवणाचे दोन काटे व पेन्सिल आकृतीत दाखविल्याप्रमाणे एकमेकांस जोडा व सोडावॉटरच्या बाटलीवर समतोल राहिल असे ठेवा.



(इ) फळभाजीचा तुकडा किंवा चिकणमातीचा गोळा, एक पेन्सिल व जेवणाचे दोन काटे आकृतीत दाखविल्याप्रमाणे एकमेकांस जोडा. ही जुळणी दोन्याने लोंबकळत ठेवा. हे साहित्य समतोल राहण्याकरिता दोरा कोठे लावावा लागतो ते प्रयोगाने निश्चित केले पाहिजे.



(ई) एक नाणे व दोन जेवणाचे काटे आकृतीत दाखविल्याप्रमाणे एका बाटलीवर किंवा काचेच्या भांड्यावर समतोल राहतील असे ठेवा.

(उ) घरातील किंवा शाळेतील साध्या वस्तूंचा उपयोग करून त्या कशा जोडल्या असता समतोल राहतील यासंबंधी वेगवेगळे प्रयोग करून पहा.

५. दोरी सरळ करता येते का?

सुमारे १.५ मीटर लांबीचा बळकट दोरा किंवा एक लहानशी दोरी घ्या. दुसरा एक दोरा घेऊन त्याच्या एका टोकाला एक जड पुस्तक किंवा काही वजन बांधा. त्याचेच दुसरे टोक पहिल्या दोरीच्या मध्यावर वरील वजन १५ सें. मी. खाली लोंबकळत राहिल अशा बेताने बांधा. आता पहिल्या दोरीची दोन टोके दोन हातात धरा व दोन्ही हात बाजूंना ताठ करून दोरी सरळ करण्याचा प्रयत्न करा. नंतर दोरीचे एक टोक तुमच्या हातात धरून दुसरे टोक एका विद्यार्थ्यास धरावयास सांगा. दोन्ही टोके ओढून दोरी सरळ करता येते का पहा.

६. वस्तूचा गुरुत्वमध्य काढणे.

एक त्रिकोणी कानस किंवा सपाट बैठकीवर धारदार कड वर राहिल व आधारबिंदू म्हणून उपयोग करता येईल अशी कोणतीही वस्तू टेबलावर ठेवा. काठ्या, सळ्या, केरसुण्या, बॅट असे वेगवेगळे पदार्थ आधारबिंदूवर समतोल ठेवा. त्याकरिता ज्या ठिकाणी आधार दिला जाईल तेथे खडूने खूण करा. ही खूण म्हणजेच गुरुत्वमध्य होय. प्रत्येक वस्तूचा गुरुत्वमध्य त्याच्या मध्यबिंदूवर येतो का? कोणत्या वस्तूंचा गुरुत्वमध्य बरोबर मध्यबिंदूच्या ठिकाणीच येतो? इतर वस्तूंचा गुरुत्वमध्य कोठे मिळतो?

आ. गुरुत्वाकर्षणासंबंधीचे प्रयोग

१. वरून खाली पडणारे पदार्थ

कोणत्याही पदार्थावर गुरुत्वाकर्षणाचा परिणाम जितका जास्त वेळ राहतो, तितका त्या पदार्थाचा खाली पडण्याचा वेग वाढत जातो, हे तत्त्व सुमारे २० मीटर उंच असलेल्या इमारतीचा उपयोग करून सिद्ध करता येईल. अशा इमारतीच्या वरच्या टोकापासून अगदी जमिनीपर्यंत एक बळकट दोरी अगदी सरळ ताठ राहिल अशा तऱ्हेने बांधा. जमिनीपासून २० मीटर उंचीवर दोरीला एक रंगीत फडके बांधा. त्याच्यापासून ५ मीटर खाली दोरीला दुसरे रंगीत फडके बांधा. एका विद्यार्थ्याला घड्याळ घेऊन जमिनीवर उभे राहण्यास सांगा. त्याने वेळ मोजण्याचे काम करावे.

सेकंद काट्याचे घड्याळ नसल्यास हाताने टोका धरून एकी एक, दुरकी दोन, तिरकी तीन असे तालावर मोजले तर टोका दर सेकंदाला पडेल.

आता वरच्या टोकापासून ५ मीटर खाली व अगदी खाली जमिनीवर दोन विद्यार्थ्यांना उभे राहण्यास सांगा. काही जड व हलके दगड, तसेच काही जड व हलक्या वस्तू वरून खाली सोडा. प्रत्येक वस्तू पहिल्या व दुसऱ्या सेकंदाच्या शेवटी किती अंतर खाली येते ते नोंदवून ठेवा.

२. नाणी एकत्र खाली पडतात.

एक मोजपट्टी घ्या. तिचे एक टोक टेबलाच्या कडेच्या थोडेसे बाहेर येईल व दुसरे टोक टेबलाच्या कडेपासून ३

सैं. मी. आत राहील अशी ती पट्टी टेबलावर तिरपी ठेवा. आता एक नाणे टेबलाच्या बाहेर आलेल्या पट्टीच्या टोकावर ठेवा व दुसरे नाणे पट्टीचे दुसरे टोक व टेबलाची कड यांच्यामध्ये पट्टीवर ठेवा. दुसऱ्या एका पट्टीने टेबलावरील पट्टीच्या बाहेर आलेल्या टोकावर, वरून जोराने आडवा आघात करा. एक नाणे सरळ खाली येईल व दुसरे नाणे जरा लांबच्या मार्गाने खाली येईल. प्रत्येक नाणे जमिनीवर केव्हा टेकते ते काळजीपूर्वक पहा. हा प्रयोग बरेच वेळा करून पहा व कोणता निष्कर्ष निघतो ते पहा.

३. साधा आंदोलक (पेंड्युलम)

सुमारे २ मीटर लांबीच्या दोरीचे एक टोक एका लहानशा दगडाला किंवा धातूच्या लहानशा गोळ्याला बांधा. दोरीचे दुसरे टोक दाराच्या वरच्या फळीला किंवा वरच्या छताला हूक असल्यास त्याला अडकवा आणि गोळ्याला मोठा झोका देऊन आंदोलक हेलकावत ठेवा. दहा सेकंदांत किती झोके (आंदोलने) होतात ते मोजा. या संख्येला ६ ने गुणले म्हणजे एका मिनिटात किती आंदोलने होतात ते कळेल.

आता दोरी आखूड करून आंदोलनाची लांबी कमी करा व दर मिनिटास किती आंदोलने होतात ते मोजा. बरेच वेळा हा प्रयोग करून आंदोलनाची सरासरी संख्या काढा. आंदोलकाची आंदोलनसंख्या आंदोलनाच्या लांबीवर अवलंबून असते का पहा.

आंदोलकाची लांबी तीच ठेवा. मात्र गोलक वेगवेगळ्या पदार्थांचा वापरा. मागील परिच्छेदाप्रमाणेच प्रयोग करा.

गोलकातील द्रव्यसमुच्चयावर आंदोलनाला लागणारा वेळ अवलंबून असतो का?

आता आंदोलकाची लांबी निम्मी करून वरीलप्रमाणेच प्रयोग करून पहा. आंदोलन संख्येवर आंदोलकाच्या

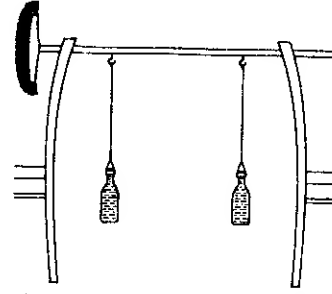
लांबीचा काही परिणाम होतो का? असल्यास कसा?

४. आंदोलकाचा एक मजेदार प्रयोग

एका टेबलावर एक रीळ ठेवा. त्या रीळामध्ये एक पेन्सिल ठेवा. या टोकदार भागाला बरोबर लागेल अशा बेताने सुमारे ८ सैं. मी. व्यासाच्या गोलकाला निदान १.५ मीटर लांबीचा दोरा बांधून हा आंदोलक टेबलावर लोंबकळत ठेवा. आंदोलकाचा गोलक एका बाजूला करून हातात धरून ठेवा. आता हा गोलक अशा तऱ्हेने सोडा की, तो पुढे जाताना पेन्सिलीला लागणार नाही, परंतु परत येताना मात्र तिच्या टोकाला बरोबर लागेल. हे नेमके साधण्यास बऱ्याच वेळा प्रयत्न करावयास पाहिजे.

५. पालटते आंदोलक

दोन अगदी सारख्या आकाराच्या सोडावॉटरच्या बाटल्या घेऊन त्या पाण्याने भरा व बुचे घट्ट बसवून टाका. आता दोन खुर्च्या एकमेकींकडे पाठ करून काही अंतरावर ठेवा. त्यावर एक काठी आडवी ठेवा. तिला आकृतीत दाखविल्याप्रमाणे दोन बाटल्या आंदोलकाप्रमाणे



लोंबकळत ठेवा. दोहोंची लांबी समान ठेवा.

एक आंदोलक हातात धरून ठेवा व दुसऱ्यास झोका द्या. नंतर पहिल्या आंदोलकावरील हात काढून तो अगदी स्थिर ठेवा. काही वेळाने दुसऱ्या आंदोलकाचा झोका हळूहळू कमी होत जाईल व पहिला स्थिर असलेला आंदोलक हळूहळू झोके घेऊ लागेल.

इ. केंद्रोत्सारी प्रेरणा (सेंट्रिफ्युगल कोर्स)

१. केंद्रोत्सारी प्रेरणेचे अस्तित्व

सुमारे १ मीटर लांबीच्या दोरीच्या एका टोकाला एक वजन बांधा. दुसरे टोक हातात धरून हात लांब करा आणि वजन स्वतःभोवती फिरवा. दोरी बाहेरच्या बाजूस ओढली जात असल्याचे जाणवेल. हा परिणाम केंद्रोत्सारी

प्रेरणेचाच होय.

दोरीऐवजी रबरी पट्टी वापरा. आता पूर्वीप्रमाणेच परंतु जरा काळजीपूर्वक वजन स्वतःभोवती फिरवा. रबर ताणले जात असल्याचे नजरेस येईल. केंद्रोत्सारी प्रेरणेमुळे हा ताण उत्पन्न झालेला असतो.

२. साधे फिरविण्याचे यंत्र



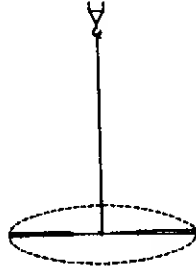
आकृतीत दाखविल्याप्रमाणे एक भोके पाडण्याचे झिल घ्या.

झिलच्या चाकामध्ये (भोक पाडण्याचा फाळ धरण्याची पकड) एक हूक बसवा. एक मोठा कुऱ्हाडी खिळा घेऊन त्याच्या दोन्ही बाजूच्या टोकांना सुमारे ३० सें. मी. लांबीची दोरी बांधा. दोरीच्या मध्याला फास तयार करून तो वरील हूकमध्ये अडकवा.

आता दांड्याच्या साहाय्याने चाक फिरवा. केंद्रोत्सारी प्रेरणेमुळे लोंबकळणाऱ्या खिळ्यावर काय परिणाम होतो ते पहा.

३. दोन खिळे वापरून प्रयोग

वरील प्रयोगाप्रमाणेच एक फिरविण्याचे यंत्र घ्या. दोन खिळे घेऊन त्यांची निमुळती टोके १५ सें. मी. लांबीच्या दोरीला बांधा. दोरीच्या मध्यावर झिलच्या हूकला जोडलेल्या दोरीचे टोक बांधा. यंत्राचा दांडा हळूहळू फिरवा. त्यामुळे दोन्ही खिळ्यांवर केंद्रोत्सारी प्रेरणेचा काय परिणाम होतो ते पहा.



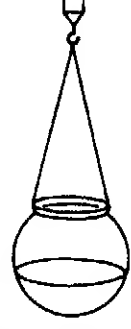
४. गोल कड्यावर केंद्रोत्सारी प्रेरणेचा परिणाम सुमारे ६ सें. मी. व्यासाचे लोखंडी कडे झिलला जोडलेल्या दोरीच्या दुसऱ्या टोकास बांधा. चाक फिरविले असता कड्यावर काय परिणाम होतो ते पहा.

५. डब्याच्या झाकणावर केंद्रोत्सारी प्रेरणेचा परिणाम एका डब्याच्या झाकणाच्या कडेला एक भोक पाडा. चाकास जोडलेल्या दोरीचे दुसरे टोक त्यातून ओवून झाकण बांधून टाका. चाक फिरवून झाकणावर काय परिणाम होतो ते पहा.

६. मण्यांच्या साखळीवर केंद्रोत्सारी प्रेरणेचा परिणाम एक मण्यांची साखळी घ्या. (उदा., किल्ल्यांची साखळी किंवा विजेच्या दिव्याच्या स्विचला असते तसली) साखळीची दोन्ही टोके एकमेकांना जोडून माळ बनवा. ही माळ चाकाच्या दोरीला बांधा. चाक फिरवून साखळीवर काय परिणाम होतो ते पहा.

७. द्रवावर केंद्रोत्सारी प्रेरणेचा परिणाम

एक लहानसा वाडगा किंवा गोलाकार लहानसे भांडे घ्या. वाडग्याच्या गळ्याभोवती एक तार बांधा. आकृतीत दाखविल्याप्रमाणे तारेला शिकाळी लावा व ती हूकला अडकवा. वाडग्यामध्ये सुमारे ३ सें. मी. उंचीपर्यंत पाणी घ्या. त्यात थोडीशी शाई टाकून पाणी रंगीत करा. चाकाचा दांडा फिरवून वाडगा व त्यातील पाण्याला वर्तुळाकार गती द्या. पाण्यावर केंद्रोत्सारी प्रेरणेचा काय परिणाम होतो ते पहा.



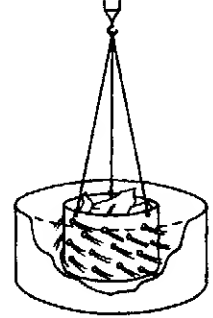
८. पाण्यासंबंधी आणखी एक प्रयोग



सुमारे ८ सें. मी. उंच व १२ सें. मी. व्यासाचा एक पत्र्याचा डबा आकृतीत दाखविल्याप्रमाणे टांगा. डब्यामध्ये ३ सें. मी. उंचीपर्यंत पाणी घेऊन चाक फिरवा. डब्यास वर्तुळाकार गती मिळेल. त्यामुळे आतील पाण्यावर काय परिणाम होतो ते पहा.

९. केंद्रोत्सारी प्रेरणेचा उपयोग करून कपडे कोरडे कसे करतात?

मागील प्रयोगाप्रमाणेच एक पत्र्याचा डबा घ्या. त्याच्या सभोवताली खिळ्याने भोके पाडा. वरच्या कडेला सारख्या अंतरावर तीन भोके पाडा. प्रत्येक भोकामध्ये एकेक दोरा घालून त्याचे टोक डब्याला बांधा. दोऱ्यांची दुसरी टोके वरच्या बाजूस एकत्र बांधा. फिरविण्याच्या यंत्राच्या हूकला ही जोडणी अडकवून लोंबकळत ठेवा. आता डब्यापेक्षा जास्त रुंद व बराचसा रुंद असा एक कार्डबोर्डचा सिलिंडर तयार करा किंवा तेवढ्या मापाची एक बादली घ्या. डब्यामध्ये काही ओले कपडे ठेवून तो डबा सिलिंडरमध्ये किंवा बादलीमध्ये सोडून लोंबकळत ठेवा. यंत्र सुरू करून डबा फिरवा. केंद्रोत्सारी प्रेरणेमुळे कपड्यातील व डब्यातील पाणी भोकामधून बाहेर फेकले जाईल.



१०. पाणी सांडत नाही.

एक लहानशी बाटली घेऊन ती पाण्याने जवळ जवळ

भरा. ती एका हाताच्या अंतरावर धरून स्वतःभोवती फिरवा. पाणी बाहेर पडणार नाही. केंद्रोत्सारी प्रेरणेचाच हा परिणाम आहे.

११. केंद्रोत्सारी प्रेरणेसंबंधी एक मजेदार प्रयोग
एक तारेची कोट अडकवणी घ्या. त्याची लांब तार टेबलावर ठेवून त्याच्या हुकाखाली बोटाचा आधार द्या. या हुकाच्या बरोबर खाली तारेवर एक लहान नाणे समतोल राहिल असे ठेवा. हे कौशल्याने साधेल. जरूर तर तारेवरचा

तेवढा भाग कानशीने कानसून किंवा हातोड्याने ठोकून थोडासा सपाट करून घ्यावा. बोटाच्या आधारावर, अडकवणी व तारेवरील नाण्याला हलकेच झोका द्या. त्याला थोडीशी गती मिळाली की अडकवणी वर्तुळाकार फिरविण्यास सुरुवात करा. या वेळी नाणे खाली न पडता तारेलाच चिकटून राहिल. याचे कारण केंद्रोत्सारी प्रेरणा हेच होय. अडकवणी वर्तुळाकार फिरविण्याचे कसब सवयीने साध्य होईल.

ई. जडत्वासंबंधीचे प्रयोग

१. बाटली आणि गारगोटी

एका रुंद तोंडाच्या बाटलीच्या तळाशी थोडीशी वाळू टाका. बाटलीच्या तोंडावर सुमारे ५ सें. मी. चौरस मापाचा कार्डबोर्डचा एक तुकडा ठेवा. त्यावर तोंडाच्या बरोबर वर येईल अशी एक गारगोटी ठेवा. कार्डबोर्डच्या एका कडेला जोराची टिचकी मारा. त्यामुळे त्याला गती मिळून तो निघून जाईल. परंतु गोटीच्या जडत्वामुळे ती तोंडामधून बाटलीत पडेल. हा प्रयोग प्रथमच यशस्वी होणार नाही; परंतु सवयीने बरोबर जमेल.

२. जडत्वाचा उपयोग करून खिळा ठोकणे.

टेबलावर एक पातळ तक्ता असा ठेवा की, त्याचा बराचसा भाग टेबलाच्या बाहेर येईल. कार्डबोर्ड तसा राहण्याकरिता त्याच्या टेबलावर असलेल्या भागावर कोणास तरी उभे करा. टेबलाच्या बाहेर असलेल्या कार्डबोर्डच्या टोकाशी एक खिळा ठोकण्याचा प्रयत्न करा. आता या ठिकाणी बोर्डाच्या खाली एक जड हातोडा किंवा दगड धरा व खिळा ठोका. या खेपेस जड पदार्थाच्या जडत्वामुळे खिळा ठोकणे सोपे जाईल.

३. जडत्वाचा उपयोग करून फळाचे दोन भाग करणे.

एक लांब व तीक्ष्ण सुरी घ्या. ही सुरी फळीमध्ये इतकी घुसवा की, सुरीने फळ वर उचलता येईल. मात्र सुरीचा बराचसा भाग फळाच्या बाहेर आलेला असावा. आता फळ आणि सुरी एका हातात धरा व सुरीच्या बाहेरील टोकावर काठीने जोराचा आघात करा. जडत्वामुळे फळ स्थिर राहिल; पण सुरीचे पाते मात्र फळामध्ये बरेच घुसेल.

४. पेला व रुमाल वापरून जडत्वाचा प्रयोग

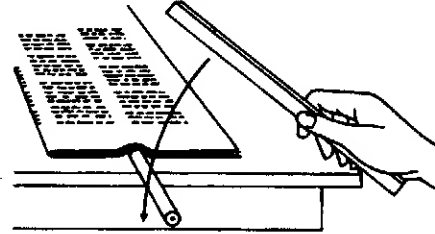
टेबलाच्या गुळगुळीत पृष्ठभागावर एक रुमाल पसरून ठेवा. रुमालाच्या एका कोपऱ्यावर पाण्याने भरलेला एक पेला ठेवा. त्याच्या समोरील रुमालाचे टोक हाताने वर उचला व झटक्याने रुमाल काढून घ्या. या वेळी पेला स्थिर राहिल व त्यातील पाणी सांडणार नाही.

५. पुस्तकाच्या ढिगातील जडत्व

एकावर एक अशी काही पुस्तके ठेवा. या चळतीच्या तळाशी असलेले पुस्तक हाताने धरा व झटपटशी ओढून घेण्याचा प्रयत्न करा. वरील पुस्तकाच्या चळतीला धक्का न लावता हे पुस्तक ओढून घेता येते का पहा.

६. जडत्वाचा उपयोग करून काठी मोडणे.

सुमारे १८ सें. मी. लांबीची एक काठी घ्या. काठीऐवजी शिसपेन्सिल ही चालेल. एक वर्तमानपत्र घेऊन त्यास घडी घाला व ही घडी टेबलाच्या कडेला ठेवा. या वर्तमानपत्राच्या खाली वरील काठी अशी ठेवा की तिचा



निम्मा भाग टेबलाच्या कडेच्या बाहेर येईल. या बाहेर आलेल्या काठीवर दुसऱ्या काठीने जोराचा आघात करा. जडत्वामुळे टेबलावरील काठीचे दोन तुकडे होतील.

७. खोरे आणि जडत्व

रेल्वे इंजिनमध्ये कोळसा मारण्याकरिता किंवा घरात केर जमा करण्याकरिता वापरतात तसले खोरे घ्या. त्यावर

कचरा किंवा माती घ्या. आता खोरे घट्ट धरून पुढे हिसका द्या म्हणजे खोरे स्थिर झाल्याबरोबर जडत्वामुळे घाण दूर फेकली जाईल.

८. सायकल आणि जडत्व

सायकल चालू करा व तिला एकदम ब्रेक लावा. सायकल थांबली तरी शरीराची गतिमान स्थिती तशीच राहते. त्यामुळे आपले शरीर हँडलकडे झुकते. शरीराचा जडत्वाचा हा परिणाम होय.

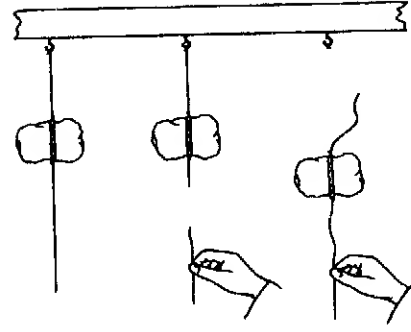
९. वाहन आणि जडत्व

मोटारही एकदम थांबली म्हणजे वरील ८ व्या प्रयोगाप्रमाणेच अनुभव येतो. अशा वेळी बैठकीवरून पुढे लोटले जाऊ नये म्हणून कशाचा तरी आधार घ्यावा लागतो. मोटार चालू असताना आपल्या शरीरामध्ये गती उत्पन्न झालेली असते. मोटार थांबली तरी शरीरातील गती तशीच राहते.

स्थिर मोटारीत बसलेले असताना ती एकदम चालू झाली तर जडत्वामुळे तुमचे शरीर मागे लोटले जाईल, कारण तुमचे शरीर स्थिर असले व मोटारीला गती मिळाली तरी शरीर स्थिर राहण्याचाच प्रयत्न करते.

१०. दगड आणि जडत्व

सुमारे १ किलोग्रॅम वजनाचा एक दगड घ्या. त्याभोवती एक जाड दोरी बांधा. दगडाच्या परस्परविरुद्ध बाजूंना जाड दोरीस सुमारे अर्धा मीटर लांबीचे दोरीचे तुकडे बांधा. हे तुकडे जेमतेम दगडाचे वजन तोलून धरतील इतपत बळकट असावेत. नंतर एका टेबलाच्या बरेच वर दोन्ही दोऱ्यांपैकी



एका तुकड्याचे टोक वर बांधून दगड लोंबकळत ठेवा. हा दगड खाली पडला तर टेबलाची मोडतोड होऊ नये म्हणून त्यावर एक जाड फळीचा तुकडा ठेवा. आता खालील दोरीचे टोक घट्ट धरून तिला एकदम जोराचा हिसका द्या. प्रयोग यशस्वी झाला तर खालील दोरी तुटते व दगड तसाच लोंबकळत राहतो. दगडाच्या जडत्वामुळे असा परिणाम होतो. आता खाली उरलेली दोरी हातात धरा व ती हळूहळू खाली ओढा. या वेळी वरची दोरी तुटेल व दगड टेबलावर पडेल. कारण जोराचा हिसका देण्याऐवजी जोर हळूहळू लावला म्हणजे दगडात गती उत्पन्न होऊ लागते.

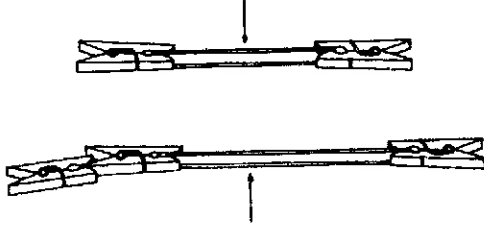
११. पक्के उकडलेले अंडे कसे ओळखावे?

एक ताजे अंडे व एक उकडलेले अंडे घ्या. प्रत्येक अंडे मोठ्या बशीमध्ये किंवा थाळीमध्ये ठेवून त्यास वर्तुळाकार गती द्या. उकडलेले अंडे जास्त वेळ फिरत राहिल. कारण ताज्या अंड्यांतील द्रव पदार्थांच्या जडत्वामुळे ते लवकर स्थिर होते.

उ. जोर (फोर्स) आणि गती

१. हलक्या पदार्थांस जास्त गती प्राप्त होते.

टेबलाच्या वरच्या पृष्ठभागावर अर्ध्या मीटर लांबीची रेषा खडूने काढा. तिचे सेंटिमीटरमध्ये समान भाग करा.



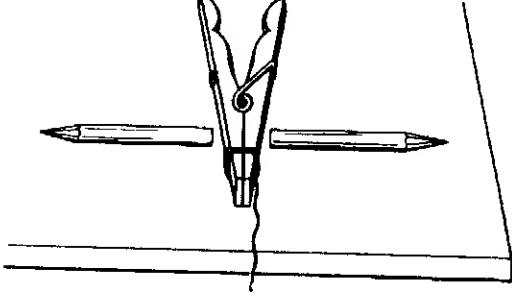
एक लांब रबरी वादीची कडी व स्प्रिंग असलेले कपडे

अडकवण्याचे दोन लाकडी चिमटे घ्या. वादीच्या विरुद्ध टोकाशी एकेक चिमटा बसवा. ही वादी खडूच्या रेषेवर ठेवा. आता दोन्ही चिमटे हातात धरून ते दोन्ही बाजूस ओढून वादी सुमारे १५ सें. मी. लांब ताणा व चिमटे एकदम सोडून द्या. दोन्ही चिमटे मध्यावर एकमेकांस येऊन मिळतील.

आता वादीच्या एका टोकास दोन चिमटे व दुसऱ्या टोकास एक चिमटा लावा. वादी २४ सें. मी. लांबीपर्यंत ताणून चिमटे सोडून द्या. चिमट्यांची गाठ कोठे पडते! प्रत्येक टोकास दोन चिमटे लावून प्रयोग करा. चिमटे एकमेकांस कोठे येऊन मिळतात?

एका टोकास दोन चिमटे व दुसऱ्या टोकास तीन चिमटे लावून हा प्रयोग पुन्हा करा. चिमट्यांची गाठ कोठे पडते? वरील प्रयोगावरून निष्कर्ष कोणता काढाल?

२. जोर आणि गती यांसंबंधी एक प्रयोग



एक स्प्रिंग असलेला कपडे अडकवण्याचा चिमटा दाबून त्याच्या लांब भागाभोवती दोऱ्याचा वेढा टाका म्हणजे चिमटा उघडा राहिल. हा चिमटा एका मोठ्या टेबलाच्या मध्यावर ठेवून त्याच्या बांधलेल्या भागाच्या दोन्ही बाजूस समान आकाराची आणि वजनाची एकेक पेन्सिल ठेवा. बांधलेला दोरा उदबत्तीने हळूच जाळून टाका व पेन्सिलीचे निरीक्षण करा. दोन्ही पेन्सिलींना विरुद्ध बाजूस गती मिळेल.

दोन मोठ्या पण समान आकारांच्या आणि वजनांच्या पेन्सिली वापरून हाच प्रयोग करा. कोणता परिणाम दिसून येतो? या प्रयोगाची पहिल्या प्रयोगाशी तुलना करा.

आता चिमट्याच्या एका बाजूस एक मोठी व जड पेन्सिल ठेवा आणि दुसऱ्या बाजूस एक लहान व हलकी पेन्सिल ठेवा. पुन्हा तोच प्रयोग करा. परिणाम काय दिसून येतो?

पेन्सिलीऐवजी धातूचे गोळे व गोट्या घ्या आणि वरीलप्रमाणेच वेगवेगळ्या तऱ्हेने गोट्या व गोळे वापरून वारंवार प्रयोग करा.

वरील सर्व प्रयोगावरून निष्कर्ष काय काढाल?

३. रेटण्याच्या जोराच्या क्रिया आणि प्रतिक्रिया

एका वेळी दोन जोर कार्य करित असतात. तुम्ही एखाद्या भितीवर जोराने दाबण्याचा प्रयत्न केला तर त्याच वेळी ती भिंत तुम्हास विरुद्ध दिशेने प्रतिकार करते. आता किराणा माल तोलण्याकरिता चौकोनी पारडी असलेले दोन स्प्रिंगचे तराजू घ्या. पारडी एकाला एक लावून दोन्ही तराजूंच्या तबकड्या वर दिसतील असे ठेवा. आता दोन बाजूंनी दोघांनी हे तराजू रेटले तर दोन्ही तराजूंचे काटे सारखेच फिरलेले दिसतील.

४. ओढण्याच्या जोराच्या क्रिया व प्रतिक्रिया

दोन साधे ताणकाटे घ्या. लहानशी बळकट दोरी घेऊन तिच्या दोन्ही टोकांना फास तयार करा. प्रत्येक फासामध्ये एक ताणकाटा अडकवा. या ताणकाट्याचे दुसरे टोक हातात धरून दोन विद्यार्थ्यांना विरुद्ध दिशांना ओढण्यास सांगा. प्रत्येक ताणकाट्यावर आकडा किती रेषेपर्यंत गेला आहे ते पहा व तुलनात्मक अभ्यास करा.

५. तळाशी चाके असलेले बूट (रोलर स्केट) वापरून क्रिया आणि प्रतिक्रिया यांचा अभ्यास

एका पाथाला चाके असलेला बूट घाला. तो गुळगुळीत जमिनीवर ठेवा. आता दुसरा पाय पुढे टाका. त्याच वेळी पहिला पाय विरुद्ध दिशेस म्हणजे मागे सरकलेला दिसेल.

६. होडीतील क्रिया व प्रतिक्रिया

काठाजवळ आलेल्या होडीतून जमिनीवर उडी मारा. होडी विरुद्ध दिशेस लोटली गेलेली दिसेल.

७. क्रिया आणि प्रतिक्रिया यांमुळेच जेटला गती मिळते.

एक खरी फुगा हवेने भरा व त्याचे तोंड दाबून धरा. फुगा मोकळा सोडा. आतील हवेचा फवारा जोराने बाहेर येऊन बाहेरील हवेला जोराने रेटतो. त्यामुळे फुग्याला गती कशी मिळते ते पहा. जेट विमानाच्या बाबतीत याच तत्त्वाचा उपयोग केलेला असतो.

ध्वनिशास्त्राच्या अभ्यासाकरिता प्रयोग व साहित्य

या प्रकरणातील ध्वनीसंबंधीची प्रमुख तत्त्वे व त्यासंबंधीचे सोपे प्रयोग मुलांना आकर्षक वाटतील व रोजच्या अनुभवांत प्रत्ययास येतील.

अ. ध्वनी कसा उत्पन्न होतो व पसरतो

१. वेगवेगळे आवाज

वेगवेगळ्या प्रकारचे आवाज शक्य तर प्रत्यक्ष उत्पन्न करून विद्यार्थ्यांना नाव देण्यास सांगा. खळकन (बशी पडून फुटली), थड (वजन खाली पडले), ठण (लोखंडी पत्र्यावर हातोडी मारली), टिनचे डबे पडण्याचा आवाज, कडकड (ओलसर लाकूड जळत आहे), टिक टिक (घड्याळाची), कच (वाळूवर चालले), धप (पाण्यात दगड टाकला), पॉप (खेळातील बंदूक उडविली), ढम (ढोल), धड (दरवाजा आपटला), टपटप (पाऊस), ट्रॅप (पावलाचा आवाज), सळसळ (पानांचा आवाज), गडगडाट (ढगांचा आवाज), रॅटल (साप), गुड्डम (दूरच्या ढगांचा आवाज), धुडूम (सुरंग), गुंइ (मधमाशी), टिंग (चमचा भांड्यावर आपटला), घोड्याचे खिकाळणे, गाईचे हंबरणे, मेंढ्यांचे-बकऱ्यांचे बेंबे, विमानाची घरघर, चिमण्यांची चिवचिव, कावळ्यांची कावकाव, कोंबड्यांचे क्लक क्लक, कुत्र्याचे रडणे, शिट्यांचा आवाज, इत्यादी. या आवाजांची नक्कल करण्यामध्ये मुले रमून जातात. या आवाजांना विशिष्ट नावे देण्यास मुलांना मार्गदर्शन करा.

२. कंप पावणारे पदार्थ ध्वनी उत्पन्न करतात.

बळकट दोरीचे एक टोक पट्टीच्या एका टोकास बांधा. दोरीचे दुसरे टोक हातात धरून पट्टी वर्तुळाकार फिरवा. जोरात फिरवा. कोणता आवाज उत्पन्न होतो? कमी-जास्त लांबीची पट्टी व दोरी घेऊन हाच प्रयोग करा. एका रुळाभोवती दोरीचा फास टाकून ती सहज फिरविता येईल.

३. तोंडाने 'आऽऽऽह' म्हणा. सूर लांबवा व श्वसनलिकेला हात लावून पहा. कंपन कशामुळे होते? तसेच बोलताना गाणे, म्हणताना व शीळ घालताना श्वसनलिकेला हात लावून पहा.

४. टेबलावर एक फूटपट्टी अशी ठेवा की, तिचा तीन चतुर्थांश भाग टेबलाच्या कडेच्या बाहेर राहिल. टेबलावर

असलेल्या पट्टीच्या टोकावर हात ठेवून पट्टी दाबून धरा. पट्टीचे दुसरे टोक खाली दाबून जोराने सोडून द्या. पट्टी खाली-वर कंप पावेल. यामुळे उत्पन्न होणारा आवाज ऐका. पुन्हा पट्टी टेबलावर अशी ठेवा की तिचा निम्मा भाग टेबलाच्या कडेच्या बाहेर येईल. पुन्हा तोच प्रयोग करा. उत्पन्न झालेला आवाज ऐका. पहिल्यापेक्षा वेगळा आवाज ऐकू येतो का? पट्टीची टेबलाबाहेर येणारी लांबी कमी जास्त करून हाच प्रयोग बरेच वेळा करून पहा.

वरील प्रयोगावरून पदार्थ कंप पावला म्हणजे ध्वनी उत्पन्न होतो असा निष्कर्ष निघतो. कंप पावणारे पदार्थ हवेमध्ये ध्वनिलहरी उत्पन्न करतात. त्या लहरी तुमच्या कानावर येऊन आदळतात व तुम्हांला आवाज ऐकू येतो.

५. कंप पावणाऱ्या पदार्थाचा परिणाम

एक लहानशी वजनदार (जड) वस्तू घ्या. उदा. शिसे किंवा लोखंडाचा तुकडा किंवा एक लहानशी शाईची दौत. ही वस्तू सुमारे १ मीटर लांबीच्या दोरीने बांधा. दोरीचे दुसरे टोक दरवाजाच्या चौकटीला बांधून एक आंदोलक तयार करा. बांधलेली वस्तू आंदोलकाप्रमाणे झोके घेऊ द्या. एका मिनिटात किती आंदोलने होतात? आंदोलकाची लांबी कमी करून प्रत्येक वेळी आंदोलन संख्या मोजा. जसजशी लांबी कमी होत जाते, तसतशी आंदोलनसंख्या वाढत जाते असे दिसून येईल.

लहान मुलांच्या झोपाळ्यांच्या आंदोलकाचेही निरीक्षण करा. एक लंबकाचे घड्याळ व एक ताल मोजण्याचे साधन (मेट्रोम) मिळवा. त्यांच्या साहाय्याने आंदोलनाच्या वेगाचा अभ्यास करा. पदार्थ जोरजोराने कंप पावू लागला आणि आंदोलन संख्या दर सेकंदास १६ हून जास्त झाली तर भोवतालची हवा कंप पावू लागले व अगदी खालचा आवाज ऐकू येऊ लागतो. आंदोलनसंख्या वाढू लागली म्हणजे आवाज चढू लागतो. ही संख्या सेकंदास २०,०००

पर्यंत वाढली म्हणजे मनुष्याला ऐकता येईल असा जास्तीत जास्त वरचा आवाज होतो.

११. व्या प्रकरणातील प्रयोग क्रमांक 'आ' ३ व ५ हे करून पहा.

६. चालू असताना आवाज करणारी खेळण्यातील मोटार सुरू करा. तिचा वेग वाढत जाईल. तसतसा चढा आवाज ऐकू येईल.

७. मोकळ्या बाटलीच्या तोंडाशी ओठ जवळजवळ मिटून जोराने हवेचा प्रवाह सोडा. वेगवेगळ्या आकाराच्या बाटल्या घेऊन हाच प्रयोग करा.

८. आता ओठाऐवजी गॅस बर्नरवर पसरट ज्योत मिळण्याकरिता चीर असलेले टोपण बसवितात तसले टोपण घेऊन त्यातून हवा फुंका म्हणजे ती पंख्यासारखी सपाट पसरून रुंद ज्योतीप्रमाणे जोराने बाहेर येईल. बाटलीतील हवेच्या कंपनामुळे घुमणारा आवाज निघू शकेल. टोपणाची स्थिती आलटून पालटून आवाज जास्तीत जास्त मोठा करा. मोठी बाटली अगर नळकांडे घेऊन अगदी खालचा आवाज काढता येईल. जसजशा लहान उंचीच्या बाटल्या घ्याल, तसतसा आवाज वाढत जाईल. लहानशा किल्लीच्या भोकावरून हवा फुंकून तुम्ही कर्कश आवाज काढलाच असेल.

९. संवादी (सिम्पथेटिक) बाटल्या

एका बाटलीचे तोंड एका विद्यार्थ्याच्या कानाजवळ धरा. आता तसल्याच दुसऱ्या बाटलीच्या तोंडावरून जोराने फुंक मारून मोठा व स्पष्ट आवाज काढा. यामुळे संवादी (रेझोनन्सची) आंदोलने कानाजवळ धरलेल्या बाटलीत उत्पन्न होतील व त्याच प्रकारचा परंतु मंद आवाज विद्यार्थ्यांस ऐकू येईल.

१०. एक नादकाटा आणि पेट्रोलचा मोकळा डबा, व्हायलीन किंवा एक लाकडी मोकळी पेटी (नाद पेटी - Sound-box) घ्या. नादकाटा लाकडी ठोकळ्यावर आपटून त्यात कंप उत्पन्न करा. वरीलपैकी कोणत्याही पोकळ वस्तूवर नादकाट्याची मूठ ठेवा. घुमणारा मोठा आवाज ऐकू येईल. जेवणाचा काटा वापरून हाच प्रयोग करून पहा.

११. हवेतून ध्वनी जातो.

एकाला शीळ घालण्यास सांगा. त्याच खोलीत

असलेल्या इतरांना ही शीळ स्पष्ट ऐकू येईल. आता याच मनुष्याला दुसऱ्या खोलीत जाऊन पुन्हा शीळ घालण्यास सांगा. पहिल्या खोलीतील माणसांना ही शीळ स्पष्ट ऐकू येणार नाही.

१२. निर्वात जागेतून ध्वनी जात नाही.

सातव्या प्रकरणातील 'ओ' २ व 'ओ' ३ या प्रयोगात सुचविल्याप्रमाणे एक साधा निर्वात पंप तयार करा. (सायकलचा अगर मोटारचा हातपंप घ्या आणि त्याचा दट्ट्याचा दांडा बाहेर काढा. कातड्याची चकती धरून ठेवणारा बोल्ट काढा आणि चकती काढून उलटी बसवून दट्ट्या पुन्हा पंपात बसवून टाका.) फिरकीचे झाकण असलेले एक मोठे भांडे ग्राहक म्हणून वापरा. झाकणास वरच्या बाजूस एक भोक पाडा व त्यामध्ये एक लहानशी धातूची पोकळ नळी बसवून डाक लावून तोंड वाताभेद्य करा. नळीच्या खालच्या तोंडाशी टायरमधील झडप उलटी बसवून टाका.

आता वरीलप्रमाणे उपकरण तयार झाल्यानंतर ग्राहकामध्ये दोन लहान घंटा टांगत्या ठेवा. ग्राहकात हवा असताना तो हलवा. घंटा वाजलेल्या ऐकू येतील. नंतर ग्राहकाचे तोंड बूच घट्ट बसवून बंद करा व पंपाने त्यातील हवा काढून घ्या. ग्राहक पुन्हा हलवा. घंटा हललेल्या दिसतील; परंतु त्यांचा आवाज पूर्वीसारखा स्पष्टपणे ऐकू येणार नाही. याचा अर्थ काय होतो?

हाच प्रयोग पुन्हा करा. परंतु या वेळी ग्राहकामध्ये कागदाचे तुकडे जाळून निर्वात जागा तयार करा.

१३. दोन्ही टोकांशी उघडी असलेली बागेत पाणी घालण्याकरिता वापरावयाची एक मोठी रबरी नळी घ्या. तिच्या एका तोंडाशी बोलले की दुसऱ्या तोंडाशी कान लावून बोलणे ऐकता येते. कारण नळीतील हवेमुळे ध्वनिलहरी नेल्या जातात. मोठमोठ्या बोटींमध्ये एका टोकापासून दुसऱ्या टोकाशी बोलण्याकरिता याच योजनेचा अद्यापही उपयोग करतात.

१४. घन पदार्थांमधून ध्वनी पसरतो.

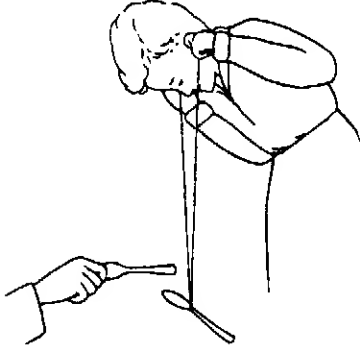
दोन पोकळ डबे घ्या. त्यांची झाकणे व्यवस्थितपणे कापून टाका. प्रत्येक डब्याच्या तळाशी मध्यावर एक बारीक छिद्र पाडा. या छिद्रामधून कित्येक मीटर लांब सुती दोरा घाला. दोऱ्याच्या दोन्ही टोकांना आगपेटीतील

काडी बांधा. त्यामुळे दोरा छिद्रातून निघून जाणार नाही. दोरा ताठ करून डब्याच्या तोंडाशी बोला. दुसऱ्या डब्याच्या तोंडाशी कान लावला तर बोलणे स्पष्ट ऐकू येईल. दोरीमधून आणि डब्यातील हवेमधून ध्वनी जातो. डब्याच्या तळाचा पडद्याप्रमाणे (डायफ्राम) उपयोग होतो.

हाच प्रयोग दोन मोकळ्या आगपेट्या घेऊन करता येईल. प्रत्येक पेटीच्या एका बाजूला सिगरेटच्या पेटीच्या बाहेर वेढलेला पातळ पारदर्शक कागद चिकटवा. या कागदाच्या मध्यावर भोक पाडा.

१५. चमचा व प्रार्थनामंदिरातील घंटा

एक मीटर लांबीचा जाड दोरा घ्या. त्याच्या मध्यावर एक चमचा बांधून दोऱ्याची दोन्ही टोके कानाशी लावा. चमचा आणि दोरा मोकळेपणाने लोंबकळत राहू द्या. आता



चमच्यावर खिळ्याने किंवा दुसऱ्या चमच्याने हळूच आघात करा. प्रार्थनामंदिरातील घंटेप्रमाणे आवाज ऐकू येईल. या ठिकाणी उत्पन्न झालेला ध्वनी दोऱ्यामधून तुमच्या कानापर्यंत येतो.

१६. पाण्याच्या नळामधून ध्वनी पसरतो.

एका खोलीतून दुसऱ्या खोलीत नेलेल्या पाण्याच्या नळाच्या एका टोकावर लोखंडी तुकड्याने आघात करा.

नळीच्या दुसऱ्या टोकाशी कान लावला की तसेच आघात ऐकू येतात. संकेताची भाषा ठरवून एका खोलीतून शेजारच्या दुसऱ्या खोलीत अशा रीतीने संदेश पाठवता येईल. या ठिकाणी नळामधून ध्वनी जातो.

१७. दातांमधून ऐका.

नादकाट्यामध्ये कंप उत्पन्न करा. त्याचा आवाज ऐकू येईनासा झाला म्हणजे त्याचे हातात धरलेले टोक दातांमध्ये धरा. आवाज स्पष्टपणे ऐकू येऊ लागेल. हाच प्रयोग पुन्हा करा. परंतु नादकाट्याचे टोक कानाच्या पाठीमागील हाडावर ठेवा.

१८. द्रव ध्वनिलहरी वाहून नेतात.

दोन्ही कान बुडतील इतके डोके पाण्यात बुडवा. (पोहण्याचा तलाव, समुद्र, नदी किंवा पाण्याने भरलेला हौद काहीही चालेल) तुमच्यापासून बऱ्याच अंतरावर पण पाण्याखालीच दुसऱ्या घंटा वाजवावयास सांगा. पाण्यातून येत असलेला आवाज तुम्हास ऐकू येईल. हवेपेक्षा पाण्यामधून येणाऱ्या ध्वनिलहरीचा वेग चौपट असतो असे सिद्ध झालेले आहे.

१९. वायूने भरलेल्या फुग्यामुळे ध्वनिलहरी एकत्रित होतात.

एका रबरी फुग्यात तोंडाने हवा भरून तो बंद करा. आता या फुग्यात कार्बन डायॉक्साईड भरलेला आहे. तुमचा कान आणि घड्याळ यांमध्ये हा फुगा धरा. फुगा नसताना ऐकू येणाऱ्या घड्याळाच्या आवाजापेक्षा आता जास्त मोठ्याने आवाज ऐकू येईल. याचे कारण ध्वनिलहरी हवेपेक्षा जास्त घन असलेल्या कार्बन डायॉक्साईडमधून सावकाश जातात, भिंगाप्रमाणे फुग्यामुळे ध्वनिलहरी एकत्रित होतात. हायड्रोजन वायूने फुगा भरून हाच प्रयोग पुन्हा करा.

आ. ध्वनी आणि गाणे

१. कंप पावणारी पेटी

एका डब्याच्या तळाशी एक छिद्र पाडा. त्यामधून एक बळकट दोरा घालून त्याचे आतील टोक आतल्या बाजूस एका पेन्सिलीला बांधा. दुसरे टोक बाहेरच मोकळे राहिल. दोऱ्यावर राळ घासा. आता एका हातात डबा धरा व दुसऱ्या हातात दोरा धरा. दोऱ्यावर हाताची बोटे फिरवत

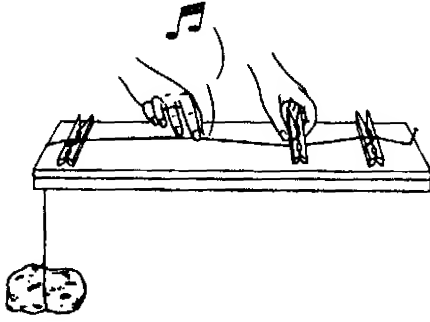
न्या. डब्यांतून ध्वनी उत्पन्न होईल. दोऱ्यावरून कमी जास्त वेगाने बोटे फिरवत न्या. ध्वनीच्या तीव्रतेमध्ये फरक पडलेला दिसेल. डब्यामधून संगीताचे स्वर उत्पन्न होण्याची शक्यता आहे का? वेगवेगळ्या आकारांचे पत्र्याचे डबे घेऊन हा प्रयोग करा. लाकडी पेट्यांमधूनही असेच स्वर उत्पन्न होतील का?

२. रबरी पट्ट्यांचे तंतुवाद्य

लिमलेटच्या गोळ्यांची पेटी, सिगारची पेटी, वॉश बेसिन, मोठ्या डिशेस यांभोवती बऱ्याच रबरी पट्ट्या ताणून गुंडाळा. पट्ट्यांवरील ताण कमी जास्त करा. तंतुवाद्याप्रमाणे पट्ट्यांवर आघात करा. वेगवेगळे स्वर ऐकू येतील. वेगवेगळ्या आकारांच्या रबरी पट्ट्या एकाच पेटीवर ताणून हा प्रयोग करा.

३. एकतारी तंतुवाद्य

सुमारे एक मीटर लांबीची पोलादी तार, नखी, तीन चिमटे, पातळ प्लायवूडची एक ध्वनिपेटी किंवा दुसऱ्या कशाचीही चालेल (आकार साधारणपणे ६०X१५X३ सें. मी.) आणि तार ताणून धरण्याकरिता एक जड वस्तू इतके



साहित्य जमा करा. आकृतीत दाखविल्याप्रमाणे या साहित्याची जुळणी करा. अशा प्रकारच्या तंतुवाद्यामधून स्वर वाजवता येतील का? जास्त तारा वापरून हाच प्रयोग पुन्हा करा.

४. टाचण्यांची ध्वनिपेटी

वरील प्रयोगातील ध्वनिपेटीवर बऱ्याच टाचण्या ओळीने टोचून ठेवा. लिफाफा उघडणीने (लेटर-ओपनर) टाचण्या क्रमाने छेडा. मोठ्या टाचण्यांतून खालचा स्वर व लहान टाचण्यांमधून वरचा स्वर ऐकू येईल.

कमी-जास्त लांबीचे दाते असलेल्या केस विचरण्याच्या फण्या घेऊन हाच प्रयोग करून पहा.

५. द्रव पिण्याच्या नळ्यांचा (ड्रिंकिंग स्ट्रॉज) ऑर्केस्ट्रा
दहा द्रव पिण्याच्या नळ्या व एक कात्री घ्या. नळीचे एक टोक चपटे करून त्याचे कोपरे कापून टाका. हे चपटे टोक म्हणजे वायुवाद्याची जिह्वाळी (रीड) होय. ही जिह्वाळी बरोबर बनवून तीमधून फुंकून चांगला स्वर काढण्याचा प्रयत्न करा.

इतर नळ्यांच्या बाबतीत हीच क्रिया करा. त्यांची दुसरी टोके कमी-जास्त लांबीपर्यंत कापून एक स्वर सप्तक तयार करा. पाच वादकांना प्रत्येक हातात एक एक अशा दोन दोन नळ्या द्या. सर्वांना मिळून राष्ट्रगीत वाजवण्यास सांगा.

जिह्वाळीतील कंपामुळे नळीतील हवा कंप पावते व स्वर निघतो हे यातील तत्त्व आहे.

६. बाटली व नळीचे वाद्य

सुमारे १ सें. मी. व्यासाची व २० सें. मी. लांबीची काचेची किंवा धातूची पोकळ नळी व पाण्याने भरलेली बाटली घ्या. एका हातात बाटली धरा आणि नळीचे एक टोक पाण्यात बुडवून ती दुसऱ्या हातात धरा. नळीच्या वरच्या मोकळ्या तोंडावरून फुंकर मारा. एक स्वर ऐकू येईल. नळी पाण्यामध्ये कमी जास्त बुडवून फुंकर मारीत रहा. नळीतील कंप पावणाऱ्या हवेची उंची कमी-जास्त झाल्यामुळे वेगवेगळे स्वर ऐकू येतील.

७. गाणाऱ्या बाटल्या

प्रत्येक बाटलीतील हवेच्या कंपनामुळे सप्तकातील एक एक स्वर उत्पन्न होईल. अशा गाणाऱ्या बाटल्यांचा एक संच तयार करा. त्याकरिता सारख्या आकाराच्या आठ बाटल्या घ्या. पहिली बाटली रिकामी ठेवा. इतर बाटल्यांमध्ये कमी-अधिक पाणी ओता म्हणजे प्रत्येकीवर पट्टीने अगर गोल काठीने आघात केला असता स्वरांचे एक सप्तक तयार होईल. पिण्याचे काचेचे पेटले वापरूनही असा संच तयार करता येईल. बाटल्या किंवा पेल्यांच्या कंपनामुळे त्यातील हवा कंप पावते.

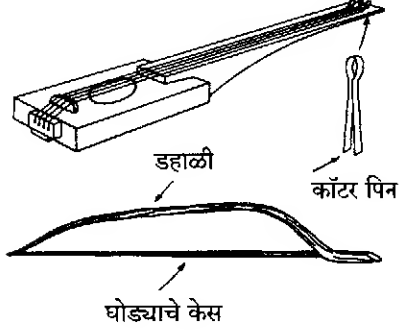
चिनीमातीची भांडी किंवा वेगवेगळ्या आकारांच्या घंटा वापरूनही वरीलप्रमाणे एक संच तयार करता येईल. सप्तकातील स्वराला जमतील अशी भांडी किंवा घंटा निवडून घ्या. ती एका ओळीत मांडून ठेवा. प्रत्येक हातात काटा अगर एक लाकडी काडी घेऊन ती त्यावर आपटा. जलतरंग असाच असतो.

८. सूचक घंटा (जेवणाकरिता वापरतात तसली)

३ सें. मी. व्यासाची व सुमारे ३.५ मीटर लांबीची एक पोलादी पोकळ नळी घ्या. तिचे १०० सें. मी., ९० सें. मी., ८० सें. मी. व ७० सें. मी. लांबीचे चार तुकडे करा. प्रत्येकीच्या एका टोकाला आरपार भोक पाडून त्या नळ्या टांगून ठेवा. त्या मोकळ्या लोंबत राहिल्या पाहिजेत. रबरी

हातोड्याने प्रत्येक नळीवर क्रमाक्रमाने आघात करा व तुमच्या वर्गाकरिता एक विशिष्ट स्वर-रचना तयार करा, म्हणजे मुलांना बोलाविण्याची ती एक बांग (सूचनेची खूणच) होईल.

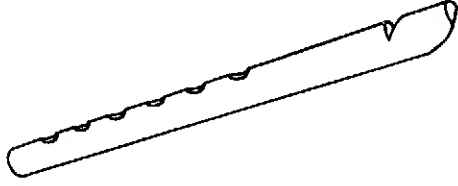
९. सिगारच्या पेटीचे व्हायोलीन



सिगारची किंवा तसलीच एखादी पेटी, व्हायोलीनच्या तारा, लाकडाचे तुकडे, राळ व कॉटर पीन जमवा. आकृतीत दाखविल्याप्रमाणे त्यांची जुळणी करून सिगारच्या पेटीचे व्हायोलीन तयार करा.

सुमारे ७० सें. मी. लांबीची डहाळी व घोड्याचे केस यांपासून गज तयार करता येईल.

१०. शेतकऱ्याचा पावा

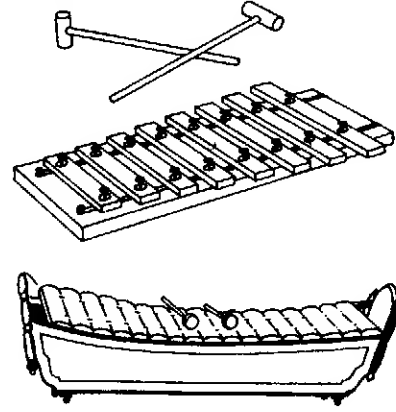


बांबूचा चांगला पावा तयार करता येतो. सुमारे १.५ सें. मी. व्यासाचा व ३० सें. मी. लांबीचा एक बांबूचा सरळ तुकडा घ्या. तो दोन्ही बाजूस उघडा असून आतून पूर्णपणे पोकळ असावा. तो विस्तवावर धरून त्याचा रंग पिवळसर रंगाचा होईपर्यंत तापवा. यामुळे तो कोरडा होईल. तो थंड झाला म्हणजे आकृतीत दाखविल्याप्रमाणे त्यावर भोके पाडा. पत्र्याच्या पिपाणीप्रमाणेच हा पावा

असतो. परंतु यातून उत्पन्न होणारा आवाज जास्त गोड असतो. हवा बाहेर पडणाऱ्या तोंडापासून पहिल्या मोकळ्या भोकापर्यंतची कंप पावते.

११. झायलोफोन व मरिंबा

एक स्वरसप्तक तयार होईल अशा कमी-जास्त लांबीच्या लाकूड, बांबू किंवा लोखंडाच्या (८, १२ किंवा १६) पट्ट्या व एक बोर्ड घ्या. पट्ट्यांना दोन्ही टोकांना (सुमारे २ मी. व्यासाची) भोके पाडून त्या बोर्डवर बनातीच्या पट्ट्या ताणून त्यावर खिळ्याने सैलसर अशा क्रमवार बसवा. पट्ट्यावर रबरी हातोड्याने आघात केला असता त्या कंप पावतील.



मरिंबा तयार करण्याकरिता आकृतीत दाखविल्याप्रमाणे दोन लाकडी फळ्यांना आकार द्या. त्यांची होडीसारखी पेटी तयार करा म्हणजे तिचा आधार लाकडी पट्ट्यांना ध्वनिपेटीप्रमाणे उपयोगी पडेल. प्रत्येक पट्टीला टोकाशी दोन आडवी छिद्रे पाडून त्यामधून दोन दोऱ्या ओवून घ्या आणि त्या ताणून पेटीच्या कडेच्या खुट्यांना बांधा.

लांब दांडा असलेले दोन रबरी हातोडे घेऊन पट्ट्यांवर हलकेच आघात करा म्हणजे त्यामधून स्वर निघतील.

वरीलप्रमाणेच निरनिराळ्या प्रकारचे ड्रम, झांजा, घंटा, पावे (फ्ल्यूट) वगैरे साधी वाद्ये तयार करता येतील. स्वतःच्या कल्पनेने अशी वाद्ये तयार करा.

इ. ध्वनीची नोंद आणि पुनरुत्पत्ती

१. कानाचे कार्य कसे चालते?

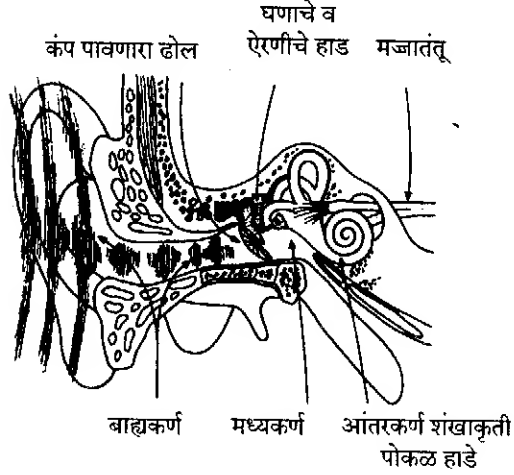
हवेतील ध्वनिलहरी श्रवणनलिकेतून कानांत शिरतात. त्यामुळे ढोल कंप पावतो व त्यास जोडलेली तीन हाडांची

साखळी हलू लागते. शेवटी या लहरी आंतरकर्णातील हाडाच्या पोकळीपर्यंत जाऊन पोचतात.

आंतरकर्णाचा एक भाग गोगलगाईच्या शंखाच्या

आकारासारखा असतो. या ठिकाणी ध्वनिलहरी ग्रहण करून त्या मज्जातंतूकडून मेंदूपर्यंत नेऊन पोचविल्या जातात. आंतरकर्णाचा दुसरा भाग तीन पोकळ वर्तुळाकृती नळ्यांचा बनलेला असतो. या भागामुळे तोल सांभाळण्यास मदत होते. ऐकण्याच्या क्रियेशी या भागाचा काहीही संबंध नाही.

सामान्यपणे ढोल व तीन हाडांच्या साखळीमुळेच

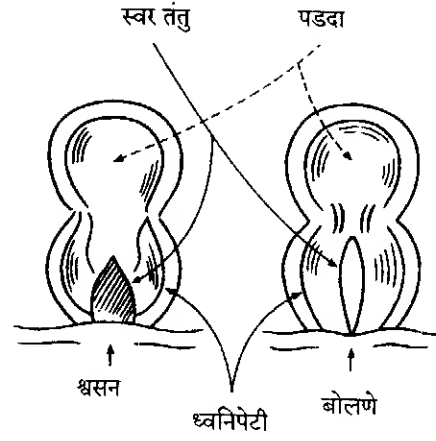


ध्वनिलहरी आंतरकर्णापर्यंत जाऊन पोचतात (व तेथून मज्जातंतू मेंदूपर्यंत जाऊन पोचतात), याशिवाय मेंदूच्या कवटीच्या हाडामधूनही ध्वनिलहरी आत जाऊ शकतात. कोणत्यातरी मार्गाने ध्वनिलहरी आंतरकर्णापर्यंत पोचल्या म्हणजे आवाजाचे ज्ञान होते.

आपल्या दोन्ही कानापर्यंत ध्वनी येऊन पोचला म्हणजे तो कोणत्या दिशेने आला आहे ते सहज ओळखता येते. ध्वनी समोरून आला असेल तर तो दुसऱ्या बाजूस असलेल्या कानापर्यंत किंचित उशिरा व कमी तीव्रतेने पोचतो.

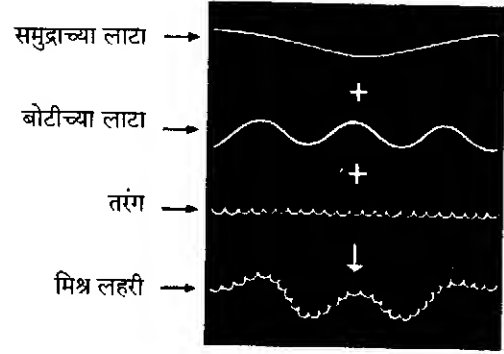
२. आवाज, स्वर किंवा शब्द कसा उमटतो?

स्वर उमटण्यास तोंड, दात, जीभ, घसा व फुफ्फुसे या सर्वांची मदत होते. श्वसननलिकेच्या वरच्या बाजूस व जिभेच्या अगदी मागच्या बाजूस स्वरयंत्र असते. या ठिकाणीच कूर्चेचा एक पडदा असून तो कोणताही पदार्थ गिळण्याच्या वेळी श्वासनलिकेवर बरोबर पडतो. त्यामुळे श्वासनलिकेचे तोंड बंद होऊन अन्नाचा कण आत जात नाही. स्वरयंत्राच्या तोंडाशी स्वरतंतू असतात. घशातील काही स्नायूंच्या आकुंचनामुळेच हे स्वरतंतू ताणले जातात

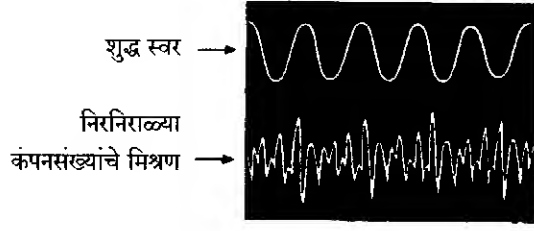


व एक बारीकशी फट निर्माण होते. या फटीतून जेव्हा हवा जोराने बाहेर टाकली जाते तेव्हा स्वरतंतू कंप पावतात. यामुळे श्वसननलिका, फुफ्फुसे, तोंड व नाकाची पोकळी यांतील हवा कंप पावते व आवाज उत्पन्न होतो.

३. ध्वनिलहरीचे नमुने

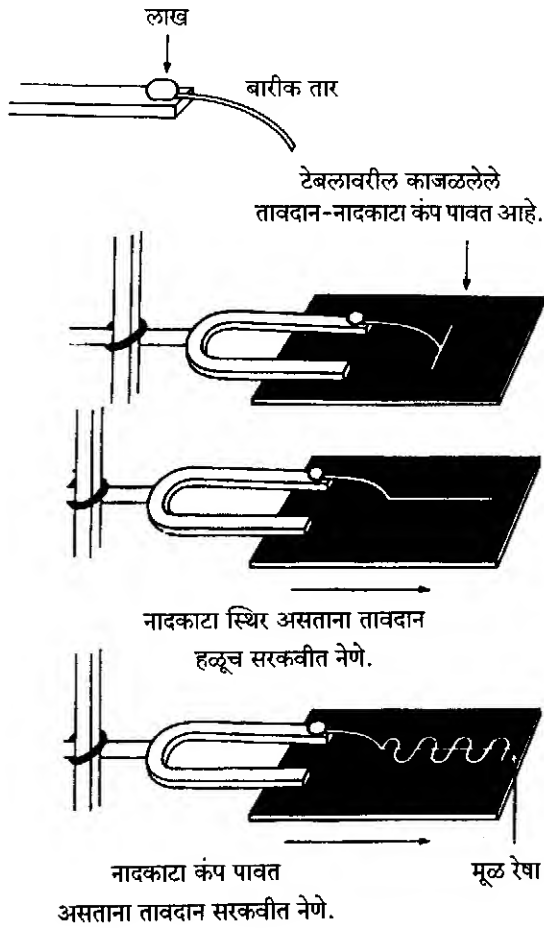


एका सेकंदात पूर्ण होणाऱ्या आंदोलनाच्या संख्येस त्या विशिष्ट आंदोलनाची कंपनसंख्या म्हणतात. पाण्यावरील लाटांप्रमाणे आवाजाच्या निरनिराळ्या कंपनसंख्या एकमेकांत मिसळतात. समुद्राच्या लाटा पुष्कळच लांबीच्या असल्यामुळे त्यांची कंपनसंख्या कमी असते. त्या लाटांवरून एक लहानशी मोटारबोट गेली म्हणजे उत्पन्न होणाऱ्या लहरीची कंपनसंख्या कमी असते. या लाटांवरून वाऱ्याची झुळुक गेली म्हणजे तरंग उत्पन्न होतील. त्यांची कंपनसंख्या दोन्हीपेक्षा आणखी कमी होईल. या तिन्ही प्रकारच्या लहरी एकमेकांत मिसळल्या म्हणजे आकृतीत दाखविल्याप्रमाणे लहरीचा एक विशिष्ट नमुना तयार होईल.



वरीलप्रमाणे वेगवेगळ्या वाद्यांमधून निघालेल्या ध्वनिलहरी एकमेकांत मिसळून ध्वनिलहरीचे विशिष्ट नमुने तयार होतात.

४. नादकाट्यामुळे मिळणाऱ्या ध्वनिलहरीचा नमुना



नादकाट्याच्या एका पट्टीच्या टोकास एका बारीक तारेचे टोक गरम लाखेच्या थेंबाने चिकटवा. नादकाटा एका स्टँडला घट्ट बसवून तो आडवा ठेवा. काचेचे एक तावदान घेऊन त्याची एक बाजू काजळीने काळी करा. हे

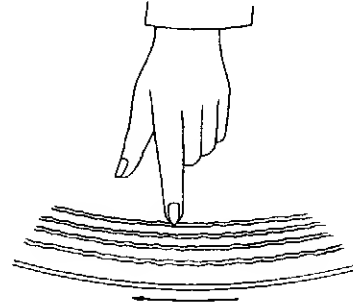
तावदान नादकाट्याखाली असे ठेवा की, त्यास जोडलेली बारीक तार काळ्या पृष्ठभागाला स्पर्श करून राहिल. नादकाट्यामध्ये कंप उत्पन्न करून तावदान जोराने सरकवत न्या. त्यामुळे एक रेषा उमटलेली दिसेल.

वेगवेगळे नादकाटे वापरून व तावदान सरकविण्याचा वेग कमी, जास्त करून हाच प्रयोग पुनः पुन्हा करा.

मूळरेषेपासून लाटेची उंची जसजशी जास्त होईल तसतसा आवाज मोठा ऐकू येईल.

५. फोनोग्राफमुळे ध्वनीची पुनरुत्पत्ती होते.

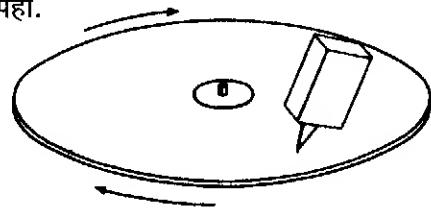
एक ग्रामोफोन रेकॉर्ड व एक बाह्यगोल भिंग घ्या. भिंगामधून पाहिले असता रेकॉर्डवर पुष्कळ नागमोडी रेषा दिसतील. कमी-जास्त वेगाने फिरणाऱ्या रेकॉर्डवरील रेषांचा तुलनात्मक अभ्यास करा.



आता रेकॉर्ड तबकडीवर ठेवून तिच्यामध्ये गती उत्पन्न करा. तुमच्या बोटाचे नख रेकॉर्डवरील खाचेत हलकेच ठेवा व लक्ष देऊन ऐका. तुमच्या नखातून काही स्वर ऐकू येतात का? नख कंप पावत असल्याचे जाणवते का? तुमचे नख खाचेतून फिरत असता कंप पावते आणि मुद्रित केलेल्या ध्वनी ऐकू येतो.

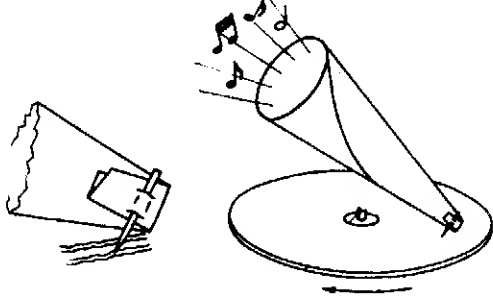
६. साधा पुनरुत्पादक

एका कार्डाच्या कोपऱ्याला किंवा मोकळ्या आगपेटीला ग्रामोफोनची पिन खुपसा. नखाऐवजी पिन वापरून वरील प्रयोग पुन्हा करा. ध्वनीची तीव्रता वाढते का पहा.



७. आणखी एक साधा पुनरुत्पादक

पिनऐवजी काटा वापरून एक परिणामकारक ध्वनिपुनरुत्पादक तयार करता येतो. ४०X४० सें. मी. आकाराचा जाड गुंडाळ कागद घेऊन त्याला कर्ण्याचा

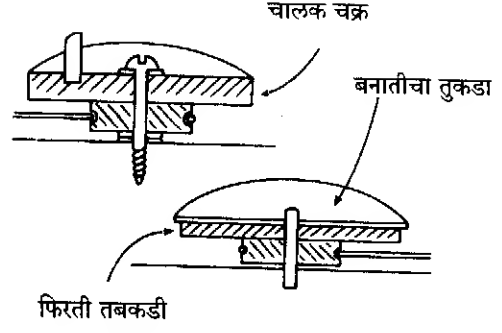
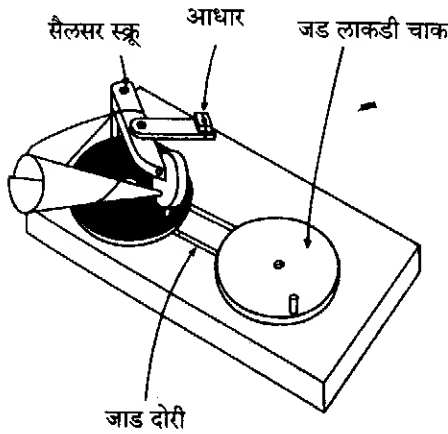


आकार घ्या. आकृतीत दाखविल्याप्रमाणे चिंचोळ्या टोकाकडील कागद दुमडून त्यात काटा बसवा. आता कर्णा असा धरा की, फिरणाऱ्या रेकॉर्डवरील खाचेत काट्याचे टोक बरोबर हलकेच बसेल. आता खोलीत सर्वांना कर्ण्यामधून निघणारा ध्वनी स्पष्टपणे ऐकू येईल.

८. साधा फोनोग्राफ

२.५ सें. मी. जाड व ३० सें. मी. व्यासाचे दोन वर्तुळाकार लाकडी तुकडे, ८०X४०X२.५ सें. मी. आकाराचा बोर्ड, ३० सें. मी. व्यासाचा बनातीचा (फ्लॅनेल) तुकडा, १०X१० सें. मी. आकाराचा अभ्रकाचा तुकडा, ड्यूको लुकणाची (सीमेंटची) एक नळी, ग्रामोफोनच्या पिन्स, धातूची एक तबकडी (फ्लॅज) व पिनकरिता एक ॲडॅप्टर इतके साहित्य जमा करा.

खालीलपैकी पहिल्या आकृतीप्रमाणे फोनोग्राफ दिसेल.



आकृतीत दाखविल्याप्रमाणे दोन वर्तुळाकार लाकडी चाके बोर्डावर बसवा. ही दोन्ही चाके जाड खजुरी दोऱ्याने एकमेकांस जोडा. रेकॉर्ड ठेवावयाच्या चाकाच्या वरच्या पृष्ठभागावर बनातीचा तुकडा खळीने चिकटवून टाका.

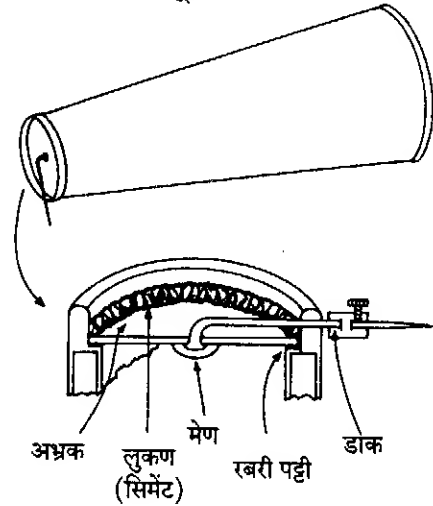
पुनरुत्पादक व कर्णा हे फोनोग्राफचे प्रमुख व महत्वाचे भाग पुढील दोहोंपैकी एका पद्धतीने सहज तयार करता येतील. दुधाकरिता कागदी पेला मिळाला तर त्याचा उपयोग सहज करता येतो.

आकृतीत दाखविल्याप्रमाणे बरोबर कृती करा.

(अ) बाटलीची टोपी ज्या ठिकाणी बसते त्या धातूच्या फ्लॅजच्या कडेला रबरी पट्टी लुकणाने व्यवस्थित बसवा.

(आ) त्यावर व्यवस्थित बसेल अशी अभ्रकाच्या पत्र्याची योग्य आकाराची वर्तुळाकार तबकडी कापून घ्या.

(इ) या अभ्रकाच्या मध्याला एक बारीक भोक पाडा. एक लांब टाचणी डोक्याशी काटकोनात वळवा. फ्लॅजला बाजूलाही एक भोक पाडा. टाचणी प्रथम अभ्रकातून घालून मग फ्लॅजच्या भोकातून बाहेर काढा.



(ई) ड्यूक्रो अगर दुसऱ्या चटकन वाळणाऱ्या लुकणाने अभ्रकाची तबकडी जागेवर पक्की बसवा.

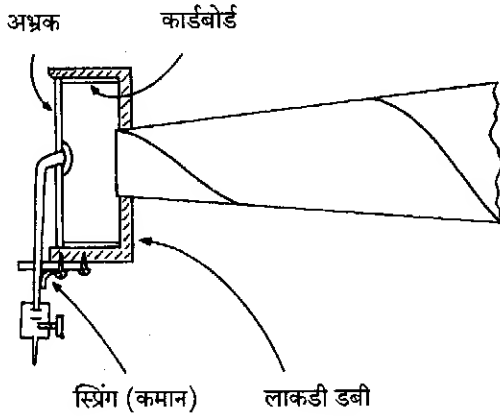
(उ) पिन बसविण्याच्या अॅडॅप्टरकरिता एका बारीक पितळी सळईचा ६ मि. मी. लांबीचा तुकडा घ्या. त्याला मधोमध एक भोक पाडा. टाचणीचे टोक कापून त्यावर हा सळईचा तुकडा चढवून डाक लावून पक्का करा, त्यानंतर एक सेट स्कू मिळवून तो सळईच्या तुकड्यांना घट्ट बसेल असे जरा बारीक भोक बाजूने पाडा व जोराने पिळून स्कू बसवा म्हणजे तो चांगली पकड घेईल.

(ऊ) वर 'उ' मध्ये दिल्याप्रमाणे अॅडॅप्टर न करता विजेच्या दिव्याच्या जुन्या सॉकेटमधील तार पकडण्याच्या नळीच्या तुकड्याचाही उपयोग करता येईल.

(ए) आइस्क्रीमच्या कागदी पेल्याच्या तळाचे तकट काढून टाकून तो फ्लँजला बसवून द्या म्हणजे कर्णा तयार होईल.

(ऐ) ही आवाज पेटी फोनोग्राफच्या हाताला चिकटपट्टीने बसवून टाका म्हणजे तुमचा फोनोग्राफ तयार झाला. आता तो नीट चालविणे तुमच्यावर आहे.

आकृतीत दाखविल्याप्रमाणे दुसऱ्या प्रकारचा पुनरुत्पादक तयार करता येईल. हा नेहमीच्या प्रत्यक्ष फोनोग्राफप्रमाणेच होईल.



९. फोनोग्राफने ध्वनिमुद्रण करणे.

पुनरुत्पादनाच्या बरोबर उलट पद्धतीने ध्वनिमुद्रण होते. कोणत्याही आवाजामुळे पदार्थ कंप पावतो व त्यामुळे काजळी लावलेल्या तावदानावर ध्वनिरेषा उमटतात हे आपण पाहिलेच आहे.



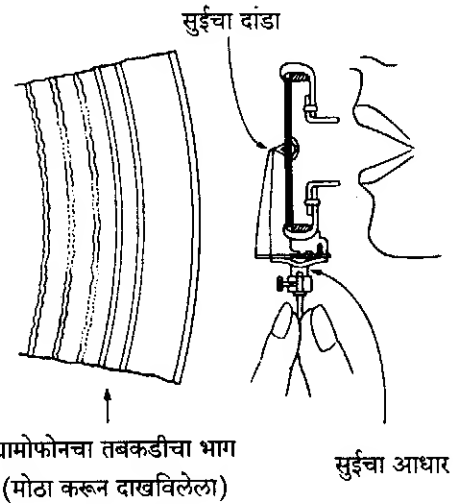
पडदा कंप पावतो.

तुमच्या तोंडासमोर एक कार्ड धरून काही शब्द उच्चार. कार्डामध्ये कंप उत्पन्न झाल्याचे तुमच्या बोटांना जाणवेल.

आइस्क्रीम कपचा किंवा दूध ठेवावयाचा कागदी डब्याचा तळ काढून त्यावर अगदी पातळ कागदाचा किंवा रबराचा तुकडा बसवा. उघड्या तोंडातून एखादे गाणे गुणगुणा. बसविलेल्या डायफ्राममध्ये कंप उत्पन्न झाल्याचे बोटांना समजेल.

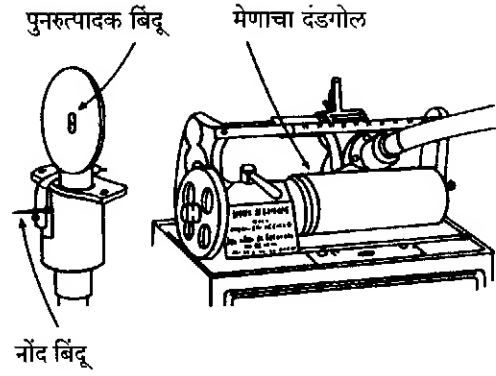
मागील प्रयोगात तयार केलेला पुनरुत्पादक वेगळा काढून त्याच्या कर्णामध्ये बोला. पिनच्या टोकामध्ये कंप उत्पन्न झाल्याचे बोटांना समजेल.

पुनरुत्पादक जागेवर बसवा. रेकॉर्डच्या जागी काजळी लावलेली तेवढ्याच आकाराची एक काचेची तबकडी ठेवा. ही तबकडी फिरती ठेवून कर्णामधून बोला. तुमच्या



आवाजाचे मुद्रण तबकडीवर ध्वनिरेषांच्या रूपाने झालेले दिसेल. काचेऐवजी कठीण मेणाचा थर बसविलेली तबकडीही वापरता येईल.

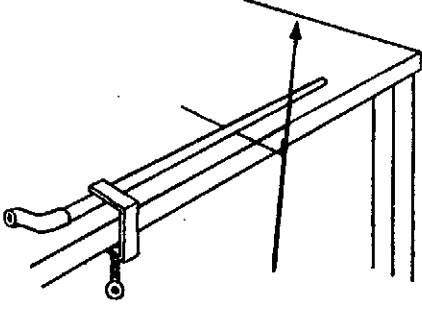
थॉमस आल्वा एडिसनने ध्वनिमुद्रण करणारे व ध्वनीचे पुनरुत्पादन करणारे पहिले बोलके यंत्र तयार केले. त्याने प्रथम ध्वनीचे मुद्रण केले व त्याचाच उपयोग करून ध्वनीचे पुनरुत्पादन करून दाखविले. एखाद्या शास्त्रविषयक संग्रहालयामध्ये मूळ फोनोग्राफचे अगर जुन्या डिकॅफोनचे मॉडेल आढळल्यास जरूर पहा. त्यामध्ये नवीन मॉडेलपेक्षा सर्व भाग अगदी स्पष्टपणे दिसतील.



उष्णतेच्या अभ्यासाकरिता प्रयोग व साहित्य

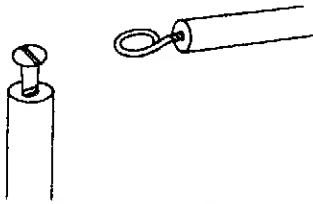
अ. उष्णतेमुळे होणारे प्रसरण

१. उष्णतेमुळे होणारे घन पदार्थाचे प्रसरण



सुमारे २ सें. मी. लांबीची एक बळकट तांब्याची नळी घ्या. ती टेबलावर ठेवून तिचे एक टोक पकडीने घट्ट बसवा. काही अंतरावर नळीच्या खाली वाकविलेली सुई किंवा सायकलची अरी (स्पोक) ठेवा. सुमारे १ मी. लांबीची हलक्या लाकडाची अगर बांबूची एक पातळ अरुंद पट्टी या अरीला लाखेने चिकटवून ठेवा. तिचा उपयोग घड्याळातील काट्याप्रमाणे होऊन नळीतील हालचाल स्पष्ट दिसून येईल. पक्क्या बसविलेल्या तोंडामधून सारखे फुंकले असता गरम उच्छ्वासापुळे नळीमध्ये झालेले प्रसरण पट्टीच्या हालचालीवरून लक्षात येईल. आता नळीमधून पाण्याची वाफ जाऊ द्या. पट्टीचे एक किंवा जास्त फेरे झालेले दिसून येतील. अरी आणि पट्टी मोकळ्या टोकापर्यंत नेऊन हाच प्रयोग पुन्हा करा. दोन्ही वेळच्या परिणामांची तुलना करा.

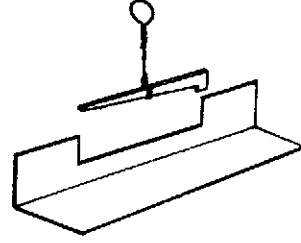
२. कडे आणि स्कू (बूच) यांचा उपयोग



एक मोठा साधा स्कू व एक नेढे असलेला स्कू घ्या, स्कू नेढ्यामधून जेमतेम जाईल असे नेढे असावे. दोन वेगवेगळ्या काठ्यांच्या टोकाला दोन्ही स्कू बसवा. मात्र

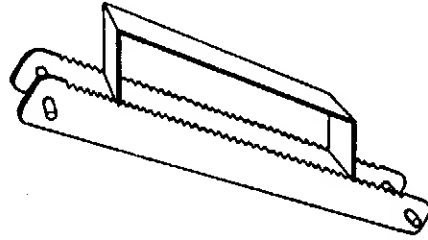
त्यांचा कमीत कमी २.५ सें. मी. लांबीचा भाग बाहेर राहावा. स्कूचा माथा ज्योतीमध्ये तापवा व नंतर तो कड्यामधून जातो का पहा. आता स्कू तसाच गरम ठेवून नेढेही ज्योतीमध्ये तापवा. आता स्कूचा माथा नेढ्यामधून घालण्याचा प्रयत्न करा. स्कूचा माथा ज्योतीमध्येच ठेवा व नेढे थंड पाण्यात बुडवून काढा. पुन्हा माथा नेढ्यांतून जातो का पहा. यानंतर स्कूही थंड करा व हाच प्रयोग करून पहा.

३. पट्टी आणि माप



हे नेहमीचे उपकरण तयार करण्याकरिता खिळा व एक कथलाचा तुकडा अनुक्रमे पट्टी व माप म्हणून उपयोगात आणा. आकृतीत दाखविल्याप्रमाणे कथलाचा तुकडा कात्रीने कापून घ्या व तो टेबलावर ठेवा. खिळ्याभोवती लोखंडी तार गुंडाळून त्याचा दांड्याप्रमाणे उपयोग करा.

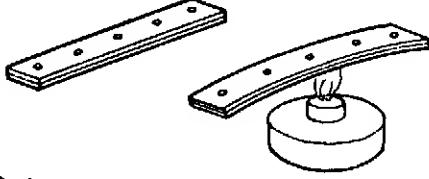
४. उष्णतेमुळे रांगणारा



या प्रयोगावरून छपराचे पत्रे उष्णतेमुळे कसे प्रसरण पावतात हे समजते. एका शिवणाच्या सुईच्या दोन्ही टोकांमध्ये एक एक बूच बसवा. प्रत्येक बुचामध्ये दोन दोन टाचण्या अशा बसवा की, सदर उपकरणास चार ठिकाणी आधार (चार पाय) मिळेल व उपकरणाचे चारही

पाय तिरकस राहतील. सुई तापून प्रसरण पावू लागली म्हणजे पुढील पाय (टाचण्या) पुढे सरकतील. परंतु सुई थंड होऊन आकुंचन पावू लागली म्हणजे याच टाचण्या जमिनीत रोवून बसतील व मागील टाचण्यांना ओढून घेतील. आकृतीत दाखविल्याप्रमाणे दोन करवतींच्या पात्यांवर ठेवलेल्या पितळी पट्टीवर असाच परिणाम दिसून येईल. हा घोडा आलटून पालटून तापविला व गार केला तर हळूहळू वर चढत जाईल.

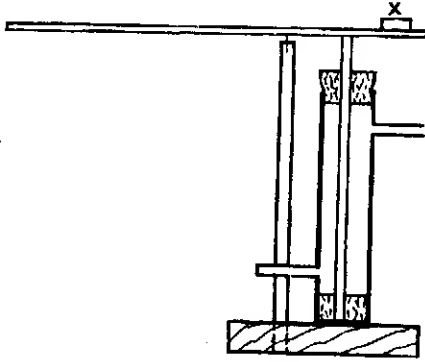
५. धातूची जोडपट्टी



लोखंड आणि पितळ यांचे प्रसरणाचे प्रमाण वेगवेगळे असल्यामुळे त्यांची जोडपट्टी तापवली तर ती वाकते. पट्ट्यांना खिळ्याने भोके पाडा व लहान टेकसचा रिव्हेटसारखा उपयोग करा, म्हणजे जोडपट्टी तयार होईल.

या पट्ट्या जोडण्याची दुसरी पद्धत म्हणजे सारख्या अंतरावर त्यांच्या कडा पुढे येतील अशा कापून त्या वाकवून एकमेकांत घट्ट बसविणे.

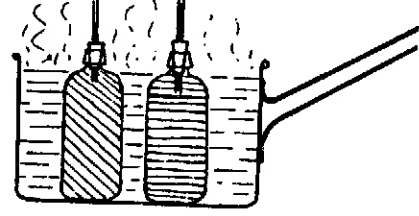
६. प्रसरणाचा वेग मोजण्याचे साधन



या प्रयोगात (दुसरे प्रकरण - 'इ' विभाग - ६ वा प्रयोग पहा.) लीबिगचा शीतक वापरावा. आतील सळईचे प्रसरण तिला तरफेप्रमाणे जोडलेल्या लाकडी कांबीमुळे बहुगुणित करून दाखविले जाते. एका उभ्या पट्टीवर बसविलेल्या रेझर ब्लेडचा, आस म्हणून उपयोग होऊन 'X' हे तोलून धरणारे हे वजन होईल.

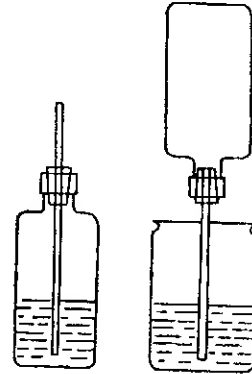
बाहेरच्या नळीतून प्रथम गार पाणी व नंतर पाण्याची वाफ जाऊ द्या. तरफेच्या मोकळ्या टोकाच्या हालचालींवरून व लांबीवरून प्रत्यक्ष होणारे प्रसरण उरविता येईल.

७. द्रव पदार्थाचे प्रसरण



आकृतीत दाखविल्याप्रमाणे दोन किंवा तीन बाटल्यांना बुचे लावून त्यात नळ्या बसवा. एका भांड्यात गरम पाणी घेऊन त्यात वरील बाटल्या वेगवेगळ्या द्रवाने भरून ठेवा. नळ्यांमध्ये चढलेल्या द्रवांच्या उंचीवरून द्रवांच्या प्रसरणातील फरक लक्षात येईल. नळ्यांचा व्यास व बाटल्यांचे आकारमान माहिती असेल तर प्रत्येक द्रवाचा प्रसरणगुणक काढता येईल.

८. वायुरूप पदार्थाचे प्रसरण



वरील प्रयोगातील बाटल्यांचा उपयोग करून वायूचे प्रसरण कसे होते तेही दाखविता येईल.

वरील आकृतीत दाखविल्याप्रमाणे बुचामध्ये नळी बसवा म्हणजे काही हवा कोंडली जाईल. या बाटलीच्या वरच्या बाजूवर हात ठेवले म्हणजे द्रव नळीतून वर चढलेला दिसेल.

उजव्या बाजूच्या आकृतीत दाखविल्याप्रमाणे एक साधा हवेचा उष्णमापक तयार करता येईल. (याच

प्रकरणातील 'आ' विभागातील दुसरा प्रयोग पहा.)

बाटली तापविल्यामुळे आतील हवेचे प्रसरण होऊन ती बाहेर निघून जाते. त्यामुळे आतील हवेचा दाब कमी होतो. जेव्हा बाटली थंड होते तेव्हा द्रव नळीमधून वर चढतो.

१. वायूंचे प्रसरण - साबणाचा बुडबुडा

एका बाटलीच्या तोंडावर साबणाच्या फेसाचा बुडबुडा तयार करा. बाटलीवर गरम हात ठेवला तर तो मोठा होईल.

१०. वायूंचे प्रसरण दाखविण्याची आणखी एक पद्धत

एका निरुपयोगी झालेल्या विजेच्या बल्बच्या तोंडावर एक रबरी फुगा बसवा. हा बल्ब हळूहळू तापवा. आठव्या प्रकरणातील (पान ९०) वरील 'आ-२' हा प्रयोग पहा.

११. फुग्याचा प्रयोग

एका रबरी फुग्यात किंवा बास्केटबॉलमध्ये हवा अंशतः भरा. हा फुगा किंवा चेंडू गरम पदार्थावर धरा किंवा थोडा वेळ प्रखर सूर्यप्रकाशात ठेवा. होणाऱ्या परिणामाचे निरीक्षण करा.

१२. गरम वायूंचे विमान (आगीचे विमान)

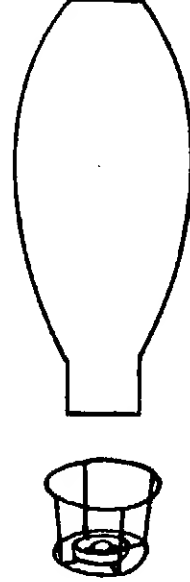
एका मोठ्या कागदाची पिशवी घेऊन तिचा एक साधा फुगा तयार करा.

फुलमाळी वापरतो तसल्या तारेचे एक कडे तयार करा. या कड्याला उभ्या व आडव्या तारा बसवून एक बैठक तयार करा. कागदी पिशवीच्या तोंडाभोवती हे कडे बसवून ते चिकटपट्टीने पक्के करा. बैठकीच्या मध्यावर एक स्पंजचा किंवा कापसाचा बोळा स्पिरिटमध्ये बुडवून बांधा. कड्याच्या आधाराने पिशवी धरा व बोळा पेटवा. प्रयोग यशस्वी होण्याकरिता तो उघड्यावर मोकळ्या हवेत करावा कारण पिशवी पेट घेण्याचा धोका असतो.

कागदाच्या पिशवीचा केलेला फुगा वर गेला असता

स्थिर राहत नाही. यापेक्षा चांगले उपकरण खालीलप्रमाणे करता येईल.

एकावर एक असे सहा कागदाचे तुकडे टेबलावर ठेवा. ते कापून आकृतीत दाखविल्याप्रमाणे त्यास आकार द्या. त्यांच्या कडा एकमेकांस चिकटवून फुगा तयार करा. त्याचे वरचे तोंड बंद करण्याकरिता एक वर्तुळाकार चकती लागेल. त्याच्या खालच्या टोकाला पूर्वीप्रमाणे एक कडे



बसवा. हा फुगा पुष्कळ उंच जाऊ शकेल व त्याला दोरी बांधून तो पतंगाप्रमाणे उडविता येईल. दिवाळीत पणत्यांच्या ऐवजी जाड मेणबत्त्या वापरतात, तसली एखादी मिळाली तर ती वापरणे जास्त सोईचे होईल. फुग्याच्या तोंडाशी असलेल्या तारेच्या कडीला पत्र्याची झाकणी जोडून त्यात ही मेणबत्ती ठेवता येईल.

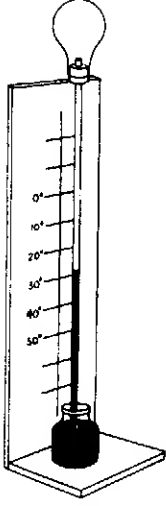
आ. उष्णमान

१. स्पर्शाने उष्णमान निश्चित सांगता येईल का?

तीन भांडी घ्या. एका भांड्यात तुमच्या हातास सोसवेल इतके कढत पाणी घ्या. दुसऱ्या भांड्यात बर्फाचे थंड पाणी घ्या. तिसऱ्या भांड्यात कोमट पाणी घ्या. दोन्ही हात कोमट पाण्यात सुमारे अर्धा मिनिट धरा. दोन्ही हातांना सारखेच उष्णमान भासते का? कढत, थंड का कोमट?

आता सुमारे एक मिनिटभर डावा हात गरम पाण्यात

व उजवा थंड पाण्यात ठेवा. नंतर दोन्ही हात बाहेर काढून झटदिसी कोरडे करा व कोमट पाण्यात एकदम बुडवा. उजव्या हाताला उष्णमान कसे जाणवते? डाव्या हाताला कसे भासते? सुरुवातीला कोमट पाण्यात बुडविल्याप्रमाणेच उष्णमान भासते का, काही फरक वाटतो? यावरून आपल्या उष्णतेबद्दलच्या स्पर्शज्ञानाबद्दल काय निष्कर्ष काढाल?



२. हवेचा उष्णमापक तयार करणे.

एक निरुपयोगी विजेचा बल्ब (पातळ काचेची बाटली अगर परीक्षा नळीही चालेल) घेऊन त्याला एक भोक असलेले रबरी बूच बसवा. या भोकात ६० सें. मी. लांबीची एक काचेची नळी बसवा. बुचाभोवती जळत्या मेणबत्तीच्या मेणाचे थेंब टाकून बल्बचे तोंड वाताभेद्य करा.

आकृतीत दाखविल्याप्रमाणे उष्णमापकाला लाकडी फळीची बैठक तयार करा. मोजमापाकरिता

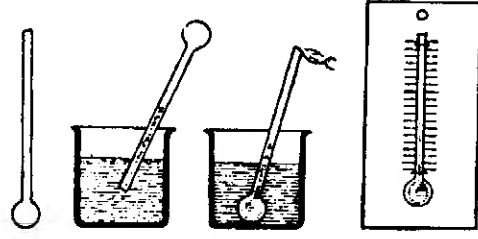
नळीच्या मागे एक कागदाची पट्टी चिकटवा. एका लहानशा बाटलीत रंगीत पाणी घेऊन त्यात नळीचे खालचे मोकळे टोक बुडवा. बल्ब किंचित तापवून त्यातील हवा इतक्या प्रमाणात बाहेर काढा की, बल्ब थंड झाल्यावर रंगीत पाणी नळीच्या मध्यापर्यंत चढेल.

मोजपट्टी तयार करण्याकरिता उष्णमापक एका खोलीत बरेच तास ठेवा. त्याच्या शेजारी दुसरा एक उष्णमापक ठेवा. नळीतील पाण्याच्या उंचीच्या पातळीबरोबर कागदावर खूण करा व तेथे उष्णमान मांडून ठेवा. नंतर हे सर्व साहित्य उष्णमान जास्त असलेल्या जागी तासभर ठेवा. नंतर थंड ठिकाणी सर्व साहित्य हलवा. उष्णमानाची नोंद करा. खुणांमधील जागेचे समान भाग करा व प्रत्येक भागावर योग्य उष्णमानाची नोंद करा.

३. उष्णमापकाचे कार्य कसे चालते?

एक काचेचा चंबू (वापरलेला विजेचा बल्ब) रंगीत पाण्याने भरा. एक भोक असलेले बूच चंबूला बसवून त्या भोकातून ३० सें. मी. लांबीची एक काचेची नळी बसवा. नळीमध्ये ५-६ सें. मी. उंचीपर्यंत रंगीत पाणी चढलेले असावे. स्पिरिटच्या दिव्यावर चंबू तापवून रंगीत पाण्याच्या उंचीत होणाऱ्या फरकाचे निरीक्षण करा. काचेपेक्षा पाण्याचे प्रसरण जास्त जलद प्रमाणात होते व ते नळीमध्ये चढू लागते. जास्त बारकाईने पाहिले तर प्रथम पाण्याची पातळी खाली येते व नंतर ती हळूहळू वर चढू लागते. याचे कारण सुरुवातीला पाण्याला उष्णता पोहोचण्याच्या अगोदर काच तापते व अगदी थोडा वेळ काचेचे तपमान आतील

पाण्यापेक्षा जास्त झालेले असते. त्यामुळे काचेचे प्रसरण होते व पाण्याच्या प्रसरणास सुरुवात झालेली नसते. म्हणून पाण्याची पातळी प्रथम खाली येते.



४. अल्कोहोलचा उष्णमापक तयार करणे.

उष्णमानात होणारा बदल बारकाईने बरोबर दाखविणारा अल्कोहोलचा उष्णमापक तयार करण्याकरिता बाहेरील व्यास ५ मि. मी. असलेली व १ मी. मीटर भोक असलेली २० ते ३० सें. मी. लांबीची काचेची नळी घ्या. तिचे एक टोक ज्योतीवर धरून दुसऱ्या टोकाने फुंका व ज्योतीमधील टोकाशी सुमारे १.५ सें. मी. व्यासाचा फुगा तयार करा. रबरी नळी व थिसेल फनेलच्या साहाय्याने नळीमध्ये रंगीत अल्कोहोल भरा. फुगा भरून नळीत अल्कोहोल आला पाहिजे व मध्ये हवेचा बुडबुडा राहता कामा नये. हे उष्णमापक ६० सें. तपमान (अल्कोहोलच्या उत्कलन बिंदूच्या किंचित खाली) असलेल्या पाण्यामध्ये ठेवा. त्यामुळे जास्त असलेला अल्कोहोल उघड्या तोंडातून बाहेर जाईल. हे उघडे तोंड आता सीलबंद करा. वेगवेगळ्या उष्णमानांच्या पाण्यात उष्णमापक धरून मोजपट्टी तयार करा.

५. उष्णमापकाची परीक्षा करणे.

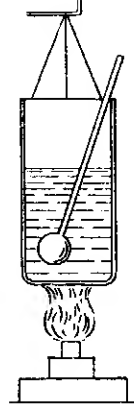
वाफेचे व बर्फ वितळण्याचे उष्णमान हे प्रमाणबिंदू उष्णमापकावर असतात. उकळत्या पाण्याच्या पातळीच्या थोडेसे वर वाफेमध्ये उष्णमापक काही मिनिटे धरा. चढलेला पारा १०० सें. मी. किंवा २१२° फॅ. या खुणेवरच स्थिर होतो का पहा.

टीप - समुद्रापासून बऱ्याच उंच ठिकाणी हा प्रयोग केला तर मात्र पारा १००° से. किंवा २१२° फॅ. या खुणेच्या पुष्कळ खाली स्थिर होईल. कारण त्या ठिकाणी हवेचा दाब कमी असतो. समुद्रसपाटीवर किंवा जेथे वायुभारमापकात हवेचा दाब ७६० मि. मी. असेल तेथेच बरोबर खुणेवर पारा स्थिर राहील.

आता उष्णमापक वाफेतून काढून थोडा वेळ थंड होऊ द्या. नंतर तो वितळल्या बर्फात ठेवा. पारा 0° से. किंवा 32° फॅ. या बिंदूवर स्थिर होतो किंवा नाही ते पहा.

६. उष्णता आणि उष्णमान - कॅलरीची कल्पना

एका टिनच्या भांड्यात पाणी घेऊन त्यात उष्णमापक धरा. भांडे दिव्यावर धरून पाणी तापवा. वेगवेगळ्या वजनांचे पाणी घेऊन प्रत्येकाचे उष्णमान 10° से. वाढण्याकरिता किती वेळ लागतो ते मोजा. सिलिंडरने पाण्याचे घनफळ मोजून १ घ. सें. मी. = १ ग्रॅम याप्रमाणे त्याचे वजन ठरविता येईल. द्रवाने शोषून घेतलेली उष्णता = वजन X उष्णमानातील फरक या सूत्राचा उपयोग करून



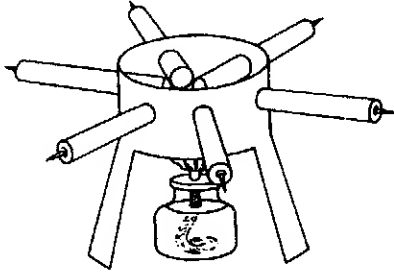
उष्णता मोजता येईल. 'कॅलरी' हे मोजण्याचे माप आहे.

३. उष्णतेचे स्थलांतर (ट्रॅन्सफर)

१. धातूच्या पट्टीत होणारे उष्णतेचे वहन

सुमारे ३० सें. मी. लांबीची तांबे, पितळ किंवा अल्युमिनियमची पट्टी घ्या. सुमारे ३ सें. मी. अंतरावर त्या पट्टीला मेणाने टाचण्या किंवा चुका चिकटवा. पट्टी ठोकळ्यावर आधारित ठेवून तिचे एक टोक स्पिरिटच्या दिव्याने तापवा. उष्णता पट्टीमध्ये वहनाने पसरत जाते हे तुमच्या लक्षात येईल.

२. प्रत्येक धातूमध्ये वेगवेगळ्या प्रमाणात उष्णतेचे वहन होते.



साधारणपणे सारख्याच व्यासाच्या १५ सें. मी. लांबीच्या निरनिराळ्या धातूंच्या सळ्या घ्या. आकृतीत दाखविल्याप्रमाणे एका टिनच्या गोल डब्याच्या तिवईच्या बाजूला भोके पाडा व त्यामधून या सळ्या आत सारा. आतील बाजूस मध्यावर सळ्यांची टोके एकत्र आलेली असावीत. सळ्यांच्या बाहेरील टोकास मेणाने चुका चिकटवून ठेवा. तिवईखाली स्पिरिटचा दिवा असा ठेवा की, प्रत्येक सळईचे टोक सारखेच ज्योतीवर येईल.

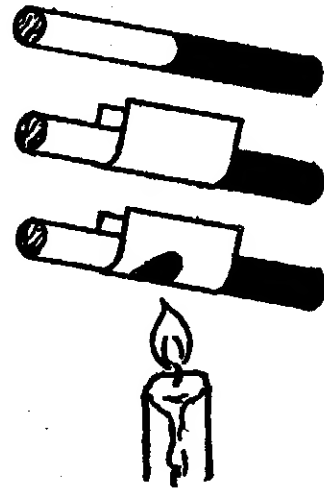
■ युनेस्को - विज्ञान घरातलं, विज्ञान शाळेतलं / १३६ ■

सळईच्या बाहेरील टोकास चिकटविलेल्या चुका कोणत्या क्रमाने पडतात ते पहा.

३. धातू उष्णतेचे शीघ्रवाहक असतात.

यासंबंधीच्या प्रयोगामध्ये विशिष्ट उष्णता आणि वहन या दोहोंचा संबंध असल्यामुळे पुष्कळ वेळा त्यामध्ये गोंधळ होतो. विस्तवावर नुसता कागद धरला तर तो जळून खाक होतो. नुसता जवळ आणला तर करपेल. परंतु कागदावर धातूचे नाणे ठेवले तर नाण्यामुळे उष्णता वाहून नेली जाईल. कागदाची पूर्वीसारखी राखरांगोळी होणार नाही. कागदावर नाण्याच्या वर्तुळाचा ठसा दिसेल.

४. धातूची व लाकडाची उष्णता-वाहकता (कंडक्टिव्हिटी)

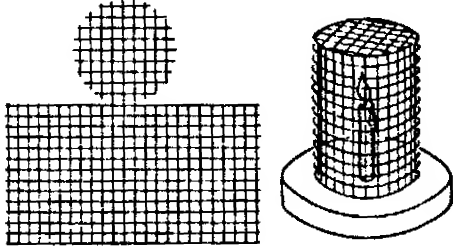


लाकडी दांडा जोडलेल्या धातूच्या नळीच्या बाबतीत हाच परिणाम दिसून येईल. लाकडी दांडा ज्योतीवर धरला तरी जळणार नाही. टाक लाकडी काडीला पुढे पितळी नळी जोडून केलेला असतो. तो वापरून हाच प्रयोग करता येईल.

अंगठा व बोट यांच्या सहाय्याने नाण्यावर रुमाल घट्ट ताणून धरला व सिगारेटचे जळते टोक त्यावर दाबून धरले तर रुमाल जळणार नाही.

५. धातूच्या जाळीमुळे उष्णतेचे वहन

एक धातूची जाळी स्पिरिटच्या किंवा गॅसच्या ज्योतीवर धरा. जाळीमुळे उष्णता वाहून नेली जात असल्यामुळे ज्योत जाळीच्या वर येणार नाही. एका तिवईच्या खाली गॅस-बर्नर ठेवा व धातूची जाळी वर ठेवा. गॅस सोडा व जाळीच्या वर आलेला गॅस पेटवा. जाळीच्या वरच्या बाजूस येत असलेला गॅस पेटत राहील; परंतु जाळीखालील गॅस पेटणार नाही. कारण जाळीमुळे उष्णता वाहून नेली जाते व त्यामुळे जाळीखालील गॅसचे उष्णमान त्याच्या ज्वलनबिंदूपर्यंत पोचत नाही. या कारणामुळेच सर हम्फ्रे डेव्हीला संरक्षक दिवा (डेव्हीज सेफ्टी लॅम्प) तयार करता आला. तो कोळशाच्या खाणीमध्ये वापरल्यामुळे तेथील विषारी वायूंच्या स्फोटाचा धोका नाहीसा झाला.



६. डेव्हीच्या दिव्याचा नमुना

डेव्हीच्या दिव्यासारखे उपकरण वापरून धातूच्या जाळीच्या उष्णतावाहकतेसंबंधीचा प्रयोग करता येईल. चौकोनी किंवा वर्तुळाकार लाकडी ठोकळ्यावर पेटविलेली मेणबत्ती ठेवून तिच्याभोवती जाळी उभी करा. आता रबरी नळीच्या साहाय्याने जाळीच्या बाहेरच्या बाजूस गॅस सोडला तरी तो पेट घेणार नाही. लाकडाऐवजी चिकण मातीची (प्लॉस्टिसीनची) बैठक तयार केली तरी चालते.

७. पाणी मंद उष्णतावाहक आहे.

एका तारेच्या वेटोळ्यात बर्फाचा तुकडा धरून तो एका

परीक्षानळीच्या तळाशी ठेवा. नळीमध्ये पाणी ओता. आता नळीच्या वरच्या बाजूस उष्णता देऊन तेथील पाणी उकळेपर्यंत तापवा. या वेळी तळाशी असलेला बर्फ फारसा वितळलेला दिसणार नाही. यावरून पाण्यामधून उष्णतेचे वहन चांगले होत नाही असे सिद्ध होते.

८. द्रव पदार्थांमधून उष्णतेचे अभिसरण होते.

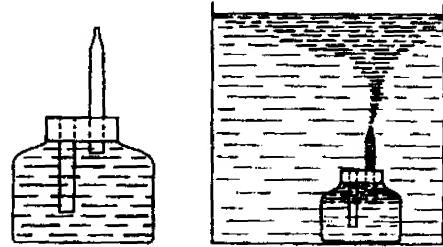
काचेचे एक मोठे भांडे घ्या. ते पाण्याने भरा. त्यामध्ये टीपकागदाचे बारीक कपटे किंवा लाकडाचा भुसा टाकून तो तळाशी बसेपर्यंत थांबा. आता काचेचे भांडे दिव्यावर ठेवून त्यातील पाणी तापवा. पाण्यामधून अभिसरणप्रवाह सुरू होऊन त्या मार्गाने कपटे किंवा भुशाची हालचाल होत असल्याचे दिसून येईल.

९. पाण्यामध्ये अभिसरणप्रवाह का सुरू होतात?

एका मोठ्या काचेच्या भांड्यात थंड पाणी भरून त्याचे तराजूवर वजन करा. तेच भांडे कोरडे करून तितक्याच गरम पाण्याने भरा व पुन्हा वजन करा. ते वजन पहिल्यापेक्षा कमी भरेल. तेव्हा समान आकारमानाचे थंड पाणी गरम पाण्यापेक्षा जड असते आणि म्हणून पाणी तापवले असता भोवतालचे थंड पाणी गरम पाण्याला वर ढकलते व अभिसरण प्रवाह सुरू होतात.

१०. अभिसरण प्रवाह कसे सुरू होतात यासंबंधी आणखी एक प्रयोग

आकृतीत दाखविल्याप्रमाणे दोन काचेच्या पोकळ नळ्या बसविलेले बूच शाईच्या दौतीला बसवा. एका नळी



वरचे टोक अणकुचीदार ठेवून ती बुचात थोडीशी खुपसून तिचा सुमारे दोन इंच भाग बुचाच्या वर ठेवा. दुसरी नळी दौतीच्या तळापासून बुचापर्यंत येईल अशी बसवावी. शाईने रंगविलेले चांगले गरम पाणी दौतीत भरा.

आता अगदी गार पाण्याने एक काचेचे मोठे भांडे भरा. शाईची दौत चांगली हलवा व या मोठ्या भांड्याच्या तळाशी झटदिसी

ठेवा. काय होते ते पहा. याचे कारण सांगता येईल का?

११. मोठ्या घरांकरिता पाण्याच्या बंबाच्या जोडणीचा नमुना तयार करणे.

एका मोठ्या विजेच्या दिव्याचा चंबू तयार करा. मोठ्या तोंडाची एक बाटली व एक नरसाळे घ्या. आकृतीत दाखविल्याप्रमाणे तीन काचेच्या नळ्या बसविलेले बूच बाटलीला लावा.

दोन भोके असलेले बूच चंबूला बसवा. एका भोकात एक काचेची नळी थोडीशी खुपसा. दुसऱ्या भोकात काचेची नळी तळापर्यंत जाईल अशी बसवा. आकृतीत दाखविल्याप्रमाणे नरसाळे बसवा. त्यामुळे प्रसरणास वाव मिळेल. सर्व उपकरण पाण्याने भरून पाणी तापवा. उपकरणाचा कोणता भाग प्रथम तापतो ते सांगा. अभिसरणामुळे पाण्याचा प्रवाह कसा चालू राहतो याचे सकारण विवेचन करा.

१२. हवेतील अभिसरण प्रवाह

सिगारेटच्या डब्याचे एक वर्तुळाकार पातळ झाकण घ्या. सभोवती दाते पाडून ते झाकण वाकविलेल्या सुईवर बसवा. आता हे झाकण स्पिरिटच्या दिव्यावर तापवा. ते फिरू लागेल. झाकणाऐवजी सुईवर बसविलेला मळसूत्राकार कागद घेतला तर तोही फिरेल.

तापवून तांबडी लाल झालेली लोखंडी सळई घन मेथिलेटेड स्पिरिटला लावा. सर्व खोलीभर वाफ पसरून त्याचे लगेच बारीक कण बनतील व ते खोलीभर पसरलेले दिसतील. खोलीतील वाऱ्याचा झोत व अभिसरण प्रवाह यांमुळे या कणांना गती मिळून त्यांची हालचाल होईल.

गरम आणि थंड हवेचा वक्रीभवनदर्शकांक (रिफ्रॅक्टिव्ह इन्डेक्स) वेगवेगळा असतो. याचा उपयोग करून हवेमध्ये उत्पन्न होणारे अभिसरण प्रवाह पाहता येतील. १२ व्होल्टच्या मोटारच्या दिव्याच्या मागील परावर्तक आरसा काढून टाका. नंतर या दिव्याचा उपयोग करून एखाद्या विजेच्या शेंगडीमुळे अगर दिव्यामुळे उत्पन्न होणारा अभिसरण प्रवाह त्याच्या भितीवर पडणाऱ्या सावलीमुळे स्पष्ट दिसू शकेल.

१३. अभिसरणामुळे वारे कसे उत्पन्न होतात?

८व्या प्रकरणातील 'आ-६' प्रयोग पहा.

१४. अभिसरण प्रवाह आणि वायुवीजन

८व्या प्रकरणातील 'आ-५' प्रयोगात वापरलेली पेटी उपयोगात आणा. पेटीच्या दोन्ही बाजूंना वर दोन आणि खाली दोन अशी चार चार भोके पाडा. मागच्या प्रयोगाकरिता पेटीच्या वरच्या बाजूस दोन भोके पाडलेली होती. त्या व वरील सर्व भोकांना बुचे बसवा. पेटीच्या बाजूला असलेली भोके म्हणजे वरच्या व खालच्या खिडक्या होत. त्या उघड्या राहतील किंवा बुचाने बंद करता येतील. पेटीत चार मेणबत्त्या ठेवून त्या पेटवा. आता वायुवीजन चांगले केव्हा होते ते पाहता येईल. सर्व खिडक्या बंद करून मेणबत्त्यांवर काय परिणाम होतो ते पहा. निरनिराळ्या प्रकारे खिडक्या उघड्या ठेवल्या असता वायुवीजन कसे होते याचा आता अभ्यास करता येईल. वरची किंवा खालची एकेकच खिडकी उघडी, वरची एक व खालची एक खिडकी उघडी, वरच्या दोन्ही उघड्या, वरची फक्त एकच उघडी, फक्त खालची एकच उघडी, खालच्या दोन्ही उघड्या, अशा वेगवेगळ्या प्रकारांनी खिडक्यांची उघड-झाप करून कोणत्या वेळी सर्वात चांगले वायुवीजन होते ते पहा.

१५. उत्सर्जनाने उष्णतेचे स्थलांतर होते

पूर्वीच्या प्रयोगात धन, द्रव आणि वायुरूप पदार्थांमुळे उष्णता वाहून नेली जाते हे आपण पाहिले. शिवाय लाटांच्या रूपातही (निर्वात जागेतून सुद्धा) उष्णतेचे स्थलांतर होत असते. या क्रियेला उष्णतेचे 'उत्सर्जन' म्हणतात. उत्सर्जनक्रिया फार जलद म्हणजे ताबडतोब होते. पुढील प्रयोगावरून उत्सर्जनासंबंधी मनोरंजक माहिती मिळेल. न लावलेल्या विजेच्या दिव्याखाली तळहात वर करून हात धरा. दिवा लावा. दिवा लावल्याबरोबर हाताला उष्णता जाणवते का पहा. दिवा आणि हात यांमधील हवा मंद उष्णतावाहक असल्यामुळे तळहात वहनाने तापणे शक्य नाही. अभिसरण झाले तर उष्णता वर जाईल व हात तापणारच नाही. तेव्हा लाटांच्या रूपाने दिव्यापासूनची उष्णता हाताला येऊन पोहोचली. उत्सर्जनाने तापलेल्या पदार्थापासून सर्व दिशांना उष्णता पसरते.

१६. उत्सर्जित उष्णता केंद्रित करता येते.

सूर्यप्रकाशात भिंग धरून एका पातळ कागदाच्या किंवा कपड्याच्या बोळ्यावर सूर्यकिरण केंद्रित करा. काही वेळाने बोळ्यातून धूर निघालेला दिसेल व नंतर तो पेट घेऊ लागेल.

१७. उत्सर्जित उष्णता परावर्तन पावू शकते.

वरील प्रयोगात भिंग आणि कागदाचा बोळा यांमधील अंतर मोजा. याच्या निम्त्या अंतरावर भिंगापुढे एक आरसा तिरपा धरा. आरशापुढे वरच्या बाजूस हात पुढे मागे करून परावर्तन पावलेले किरण कोठे एकत्रित होतात ते पहा. त्या ठिकाणी एक कागदाचा तुकडा ठेवून तो पेट घेतो का पहा.

१८. उत्सर्जन पृष्ठभागावर अवलंबून असते.

समान आकाराचे तीन टिनचे डबे घ्या. एका डब्यास आतून व बाहेरून पांढरा रंग आणि दुसऱ्या डब्यास आतून व बाहेरून काळा रंग द्या. तिसरा डबा तसाच चकचकीत ठेवा. तिन्ही डबे समान उष्णमानाच्या गरम पाण्याने भरून त्याच्या उष्णमानाची नोंद करून ठेवा. तिन्ही डब्यांवर कार्डबोर्डचे झाकण घालून ते एका ट्रेमध्ये ठेवा व तो ट्रे एका थंड जागी ठेवा. प्रत्येक डब्यातील पाण्याचे उष्णमान दर पाच मिनिटांनी पाहून मांडून ठेवा. उष्णमान कमी होण्याच्या बाबतीत काही फरक दिसून येतो का? कोणत्या पृष्ठभागामुळे उष्णतेचे उत्सर्जन सर्वात चांगले झाले? कोणत्यामुळे सर्वात कमी झाले?

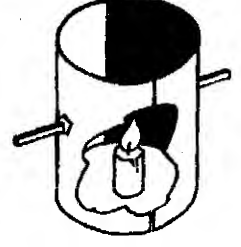
आता तिन्ही डबे थंड पाण्याने भरून त्यांचे उष्णमान मांडून ठेवा. प्रत्येकास झाकण घालून ते डबे गरम जागेत किंवा सूर्यप्रकाशात ठेवा. दर पाच मिनिटांनी उष्णमानाची नोंद करा. कोणता पृष्ठभाग सर्वात जास्त उष्णता शोषून घेतो? कोणता सर्वात कमी शोषून घेतो?

१९. उत्सर्जन पृष्ठभागावर अवलंबून असते हे दाखविण्यासाठी आणखी एक प्रयोग

सिलिंडरच्या आकाराचा टिनचा डबा घेऊन त्याचे दोन समान भाग करा. एकाचा आतील भाग काळा करून दुसरा चकचकीत राहू द्या. डब्याच्या तळाशी बरोबर मध्यावर

एक पेटलेली मेणबत्ती ठेवा.

थोड्या वेळाने दोन भागांच्या बाहेरील पृष्ठभागावर बोट ठेवल्यास उष्णमानामध्ये फरक पडल्याचे आढळून येईल. दोन्ही भागांच्या बाहेरील बाजूस मेणाने



काड्या चिकटवून ठेवाव्या. त्यांचा दर्शक म्हणून उपयोग होईल. थोड्या वेळाने काळ्या पृष्ठभागावर चिकटविलेली काडी प्रथम पडेल. हाच प्रयोग उष्णता बाहेर टाकणारे एक तारेचे वेटोळे, पान्याचा फुगा, काळे केलेले उष्णमापक व एक नुसते उष्णमापक वापरून करता येईल.

२०. उष्णता निघून जाण्याचे प्रमाण कसे कमी करता येईल?

समान आकाराचे चार मोठे व चार लहान टिनचे डबे घ्या. यापैकी तीन लहान डबे तीन मोठ्या डब्यांमध्ये ठेवा. प्रत्येक डब्याच्या खाली व भोवताली रोधक पदार्थ ठासून भरा. एकाभोवती वर्तमानपत्राचे तुकडे घाला, दुसऱ्याभोवती लाकडी भुसा वापरा आणि तिसऱ्याभोवती बुचाचा चुरा उपयोगात आणा. (याऐवजी दुसरा कोणताही रोधक पदार्थ वापरता येईल) चवथ्या मोठ्या डब्याच्या तळाशी दोन बुचे ठेवून त्यावर चवथा लहान डबा आधारून ठेवा. प्रत्येकावर कार्डबोर्डचे घट्ट झाकण बसवा. प्रत्येक झाकणास भोक पाडून त्यामधून उष्णमापक बसवा. आता प्रत्येक लहान डबा उकळत्या पाण्याने सारख्या उंचीपर्यंत भरा व त्याचे उष्णमान मोजा. नंतर दर पाच मिनिटांनी उष्णमान मोजा व या नोंदीवरून सर्वात चांगला उष्णतारोधक पदार्थ कोणता ते ठरवा. ज्यातील उष्णमान सावकाश उतरत जाईल त्यातील रोधक चांगला ठरेल.

ई. वितळणे आणि उकळणे

१. उकळत्या द्रवाचे निरीक्षण

एक मोठे काचेचे चंचुपात्र किंवा एक टिनचा डबा घ्या. भांडे पूर्णपणे थंड पाण्याने भरून ते उकळेपर्यंत दिव्यावर ठेवा. प्रथम पाण्यात विरलेल्या हवेचे बुडबुडे तयार होऊन ते वरपर्यंत येतील. पाण्याचे उष्णमान उत्कलन बिंदूजवळ येईल तेव्हा तळाशी वाफेचे बुडबुडे तयार होऊन ते लगेच फुटतील. उत्कलन बिंदूइतके उष्णमान झाले म्हणजे बुडबुडे

तळापासून वरपर्यंत येतील व नंतर फुटतील.

२. पाणी कागदात कसे उकळविता येईल?

लिहिण्याचा किंवा गुंडाळण्याचा एक गुळगुळीत कागद घ्या. त्याचे कोपरे दुमडून त्यास टाचण्या लावा व सुमारे २५ चौ. सें. मी. आकाराचा डबा तयार करा. हा डबा पाण्याने निम्मा भरून दिव्यावर ठेवा. कागद न जळता पाणी उकळत असलेले दिसेल. ज्योतीपासून मिळालेली

उष्णता पाण्याकडे वाहून नेली जाते. पाण्याचा उत्कलन बिंदू १००° सें. किंवा २१२° फॅ. असल्यामुळे कागदाचे उष्णमान त्याच्या ज्वलनांकापर्यंत पोचतच नाही.

३. पाणी थंड करून उकळविणे.

एक काचेचा चंबू व त्यास घट्ट बसणारे एक बूच घ्या. चंबूमध्ये निम्म्याहून जास्त उंचीपर्यंत पाणी घेऊन ते उकळेपर्यंत तापवा. चंबूला बूच घट्ट बसवून तो स्टँडवर उलटा बसवा. आता चंबूवर गार पाणी ओतले तर आतील पाणी पुन्हा उकळत असलेले दिसेल. आता चंबूवर बर्फ ठेवा. त्याच्या थंडपणामुळे आतील वाफेचे पाणी होईल व पाण्यावरील दाब कमी होईल. यामुळे कमी उष्णमान असले तरी पाणी उकळू लागेल. या कारणामुळेच उंच ठिकाणी पदार्थ शिजण्यास वेळ लागतो.

४. द्रवाचे बाष्पीभवन होत असता उष्णता शोषून घेतली जाते.

याच प्रकरणातील 'आ-२' प्रयोगाप्रमाणे एक हवेचे उष्णमापक घ्या. त्याच्या फुग्यावर थोडेसे अल्कोहोल किंवा स्पिरिट ओता व काय होते ते पहा. अल्कोहोलचे बाष्पीभवन होण्यास लागणारी उष्णता कोठून आली? अल्कोहोलऐवजी कार्बन टेट्राक्लोराईड किंवा ईथर वापरा.

५. जलद बाष्पीभवनाचे गोठवणे.

एका लाकडी ठोकळ्यावर चाकूने थोडासा खळगा पाडा. सायकल पंपाच्या रबरी नळीला पुढे एक काचेची नळी जोडा. ठोकळ्यावरील खळग्यात थोडे पाणी घाला. पाण्यात टिनचा लहानसा डबा ठेवून त्यात तळाशी थोडेसे ईथर ओता. ईथरमध्ये पंपाने जोराने हवा मारा. ईथरचे बाष्पीभवन होईल. त्याकरिता लागणारी उष्णता डब्याखालील पाण्यापासून घेतली जाईल व ठोकळ्यावर बर्फाचा पातळ थर तयार होऊन डबा ठोकळ्याला चिकटून बसेल.

६. उष्णतेमुळे घन पदार्थाचे द्रवीभवन होते.

शिसे, डाक, बर्फ, लाख, मेण अशांसारखे पदार्थ वेगवेगळ्या भांड्यांत किंवा झाकणात घ्या. त्यांना उष्णता द्या व प्रत्येक पदार्थ वितळण्यास किती उष्णता द्यावी लागते ते पहा.

७. बर्फ व मीठ वापरून पाणी गोठवणे.

एका मोठ्या डब्याच्या तळाशी बर्फाच्या खड्यांचा एक लहानसा थर तयार करा. त्यावर मिठाच्या खड्यांचा

थर द्या. असाच आणखी एक थर द्या. एका लहान डब्यात पाणी घेऊन ते मोठ्या डब्यातील थरावर ठेवा. या लहान डब्याभोवती बर्फ आणि मीठ यांचे आलटून पालटून वरपर्यंत थर घाला. लहान डब्यातील पाण्याचे बर्फ तयार होण्यास किती वेळ लागतो ते पहा. नुसते बर्फ वापरून तेवढ्याच पाण्याचे बर्फ तयार होण्यास किती वेळ लागतो ते पहा.

८. पाणी गोठताना प्रसरण पावते.

स्कूचे झाकण असलेला एक लहानसा धातूचा डबा घ्या. तो पूर्णपणे पाण्याने भरून त्यात हवा अजिबात राहणार नाही अशा रीतीने झाकण घट्ट बसवा. हा डबा बर्फ व मीठ यांच्या मिश्रणामध्ये ठेवा. आतील पाण्याचे बर्फ झाले असता काय परिणाम होतो याचे निरीक्षण करा.

९. घनपदार्थ वितळताना उष्णता शोषून घेतली जाते.

एका लहान भांड्यात बर्फाचा चुरा घेऊन त्याचे उष्णमान मोजा. हे भांडे दिव्यावर ठेवून सर्व बर्फ वितळेपर्यंत उष्णमान पहा. उष्णमान वाढण्यास केव्हा सुरुवात झाली? सुरुवातीस थोडा वेळ उष्णमान का वाढले नाही? तोपर्यंत दिलेली उष्णता कोठे गेली?

१०. दाब व पुनर्गोठणाने वितळविणे.

बर्फावर दाब दिला म्हणजे त्याचा गोठणबिंदू कमी होतो. यामुळेच बर्फावर घसरण्याचा खेळ होतो. पायाला बांधलेले स्केट अगर फळ्या किंवा गाडे बर्फावर सरकन घसरतात. प्रत्येक हातात बर्फाचा लहानसा ठोकळा अगर तुकडा घ्या. तो एकमेकांवर जोराने दाबा. बर्फामधून पाणी बाहेर पडते का पहा. दोन बर्फांचे तुकडे एकमेकांवर जोराने दाबा व सोडून द्या. आता हे तुकडे वेगळे करण्याचा प्रयत्न करा. दाब काढल्याबरोबर पाणीसुद्धा गोठते व ते तुकडे एकमेकांला चिकटतात.

११. वाफेची गुप्त (अनद्भुत-लेटंट) उष्णता काढणे.

एका भांड्यात १०० ग्रॅम पाणी घेऊन त्यास दिलेल्या उष्णतेचे मोजमाप, मधूनमधून उष्णमानाची नोंद करून आणि वेळ व उष्णमान यांचा आलेख काढून निश्चितपणे करता येईल.

पाणी उकळू लागल्यानंतर उष्णमान न वाढता स्थिर राहते. परंतु पूर्वीप्रमाणे उष्णता देण्याचे प्रमाण चालूच राहते. पाणी उकळू लागेपर्यंत त्याची वाफ होऊन जाणारे पाणी लक्षात घेतले नाही तर (भांड्याचा तळ कोरडा

होईपर्यंत) भांड्यातील १०० ग्रॅम पाण्याची वाफ होण्यास लागणाऱ्या वेळेची नोंद केली म्हणजे एकूण उष्णता किती लागली हे ठरविता येईल.

१२. पोकळ भांड्याचा उपयोग करून गुप्त उष्णता काढणे.

एक जाड धातूचे पोकळ भांडे कंडेन्सर म्हणून वापरून वाफेची गुप्त उष्णता मोजता येईल. ढोबळ मोजमापाला चहादाणीचाही उपयोग होऊ शकेल. एखाद्या किटलीच्या तोंडातून येणारी वाफ चहादाणीत सोडली तरी तिच्या उष्णता ग्राहकतेवर किती वाफेचे पाणी होऊ शकेल हे अवलंबून राहिल. एखादे जाड पितळी लहान तोंडाचे भांडे घेतले तर त्याला घट्ट झाकण बसवून वाफ एका वाटेने आत जाण्याकरिता व एका वाटेने बाहेर येण्याकरिता अशा दोन नळ्या जोडलेल्या असाव्यात. भांड्यात वाफ जाण्यास सुरुवात झाल्यानंतर काही वेळ ती दुसऱ्या वाटेने बाहेर येणार नाही कारण थंड धातूमुळे तिचे पाण्यात रुपांतर होत असते. भांड्याचे उष्णमान १०० अंश सेल्सियस झाले म्हणजे दुसऱ्या वाटेने वाफ बाहेर येण्यास सुरुवात होईल. यावेळी वाफ भांड्यात जाऊ देण्याचे बंद करावे. भांड्यात साठलेल्या पाण्याचे घनफळ मोजून त्याचे वजन निश्चित करता येईल. भांड्याचे वजन, सुरुवातीचे उष्णमान आणि त्याची विशिष्ट उष्णता माहीत असेल तर वाफेचे पाणी होण्याकरिता भांड्याने किती उष्णता शोषून घेतली ते काढता येईल.

१३. बर्फाची गुप्त (अनदभूत) उष्णता.

बर्फाच्या चुऱ्यामध्ये तापविलेल्या धातूचा तुकडा ठेवला असता किती बर्फ वितळतो ते मोजून बर्फाच्या गुप्त उष्णतेचा अंदाज घेता येईल.

विशिष्ट उष्णता माहीत असलेल्या एका धातूच्या तुकड्याचे वजन करा व त्याला दोरा बांधून उकळत्या पाण्यात जरा वेळ धरा म्हणजे त्याचे उष्णमान १००° से. होईल. एका नरसाळ्यात बर्फाचा चुरा घेऊन त्यात हा तापविलेला तुकडा चटकन् ठेवा. तुकड्याचे उष्णमान ०° से. होईपर्यंत बर्फाचे पाणी किती मिळते ते मोजा. त्यावरून बर्फाची गुप्त उष्णता काढता येईल.

याच प्रयोगाने वेगवेगळ्या पदार्थांची विशिष्ट उष्णता वेगवेगळी असते हे दिसून येईल. प्रत्येक पदार्थामुळे

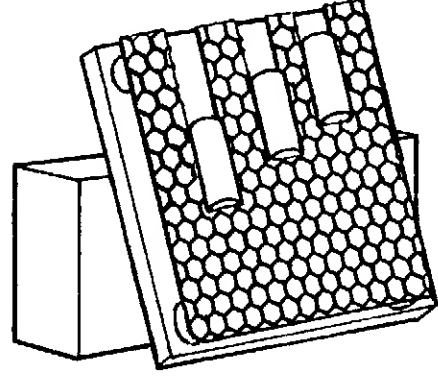
मिळणाऱ्या पाण्याचे आकारमान मोजून तुलनात्मक अभ्यास करणे शक्य होईल.

१४. चहादाणी वापरून विशिष्ट उष्णता काढणे

एक चहादाणी घेऊन तिचे वजन करा. खोलीतील उष्णमान मांडून ठेवा. चहादाणीत उकळते पाणी ओता. सुमारे ९६° से. ला उष्णमान स्थिर राहिल. चहादाणीत ओतलेल्या पाण्याचे उष्णमान थोडेसे कमी झाल्याबरोबर त्याचे घनफळ मोजून त्यावरून वजन निश्चित करा. सभोवतीची उष्णता फारशी फुकट गेली नाही असे गृहीत धरून पदार्थाची विशिष्ट उष्णता काढता येईल.

वरील प्रयोगानेच विशिष्ट उष्णता हा भाग शिकविण्यास सुरुवात करता येईल. या विशिष्ट उष्णतेवरून चहादाणी ज्या निरनिराळ्या पदार्थांची बनवतात त्यांच्या गुणधर्माबद्दल चिकित्सा करता येईल.

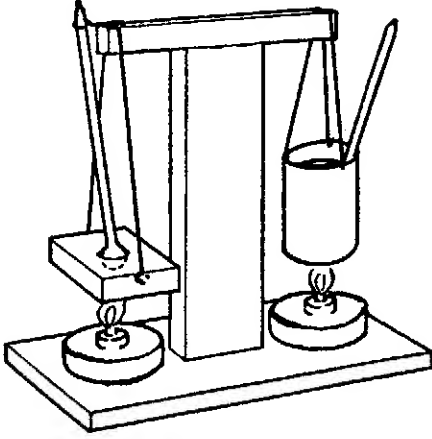
१५. विशिष्ट उष्णतेचा तुलनात्मक अभ्यास



निरनिराळ्या धातूंच्या समान वजनाच्या वृत्तचिती (सिलिंडर) बनवा. आकृतीत दाखविल्याप्रमाणे चौकोनी लाकडी फळी घेऊन तिच्या चार कोपऱ्यांवर बुचे बसवा. या बुचावर आधारून मधमाशीच्या पोळ्याप्रमाणे घरे असलेला मेणाचा तक्ता फळीवर बसवा. फळी जवळ जवळ उभी कलती ठेवा. नंतर वरील धातूचे तुकडे (वृत्तचिती) उकळत्या पाण्यात तापवून बाहेर काढा व चटकन आकृतीत दाखविल्याप्रमाणे मेणाच्या तक्त्याच्या वरच्या बाजूला ठेवा.

मेण वितळत जाईल तसतसे धातूचे तुकडे खाली खचत जातील. कापलेल्या मेणाच्या लांबीवरून कोणत्या धातूची विशिष्ट उष्णता कमी-जास्त आहे ते ठरविता येईल.

१६. विशिष्ट उष्णतेमधील फरक



१०० ग्रॅम वजनाचा धातूचा (उदा., लोखंड) एक तुकडा घ्या. एक उष्णमापक सैलसर जाईल असे त्याला एक भोक पाडा. एका भांड्यात तितक्याच वजनाचे पाणी घेऊन त्यातहि एक उष्णमापक ठेवा. याचा ढवळणी म्हणून उपयोग होईल.

सारख्याच प्रकारच्या स्पिरिटच्या दिव्याने धातूला व पाण्याला उष्णता देण्यास एकदम सुरुवात करा. तीही सारखाच वेळ द्या. यामुळे दोन्हीना सारख्या प्रमाणात उष्णता मिळते असे मानावयास हरकत नाही.

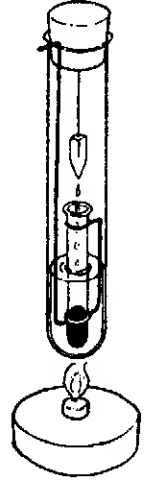
लोखंडात बसविलेल्या उष्णमापकात पारा ८० अंशापर्यंत पोचल्यानंतर दोन्ही दिवे बाजूस काढा कारण त्यानंतर ते बहुतेक १००° च्यावर जाईल. दोन्ही पदार्थांच्या उष्णमानात आश्चर्यकारक फरक दिसून येईल व विशिष्ट उष्णतेचा परिणाम स्पष्टपणे लक्षात येईल.

१७. विशिष्ट उष्णता - पोकळ घन पदार्थ

१४ व्या प्रयोगाप्रमाणे चहादाणीऐवजी धातूच्या पोकळ वस्तू (उदा., पितळी अॅक्सल कॅप) वापरून हा प्रयोग करता येईल. या वस्तूला फडके गुंडाळून उष्णता फुकट जाण्याचे प्रमाण कमी करता येईल. वस्तूत उकळते पाणी ओतल्यानंतर काही वेळाने एका विशिष्ट तापमानास पारा स्थिर होईल. चहादाणीच्या प्रयोगाच्या मानाने हे उष्णमान बरेच कमी असेल. पितळी वस्तूचे वजन १०० ग्रॅम असेल तर पारा ६० अंश से. च्या आसपास स्थिर होईल.

१८. साधा गुप्त उष्णतादर्शक

४ सें. मी. व्यासाची व २० सें. मी. लांबीची एक मोठी काचेची परीक्षानळी घ्या. एक लहानशी खुणा केलेली परीक्षानळी (औषधी गोळ्यांची कुपी चालेल) आकृतीत दाखविल्याप्रमाणे तारेच्या चौकटीने मोठ्या परीक्षानळीत बसवा. मोठ्या परीक्षानळीत थोडे टेट्राक्लोर एथिलीन भरा. एका बुचाला तारेच्या साहाय्याने तांब्याचा किंवा अॅल्युमिनियमचा तुकडा जोडून ते बूच परीक्षानळीला बसवा. याचे खालचे टोक निमुळते असावे म्हणजे वाफेच्या द्रवीभवनाने त्यावर तयार झालेल्या द्रवाचे थेंब सहज खाली गळून नेमके खालच्या नळीत पडतील. धातूचे उष्णमान वाफेइतके झाले म्हणजे द्रवीभवन होण्याचे थांबेल. परीक्षानळीत साठलेल्या द्रवाच्या वजनावरून गुप्त उष्णता ठरविता येईल.



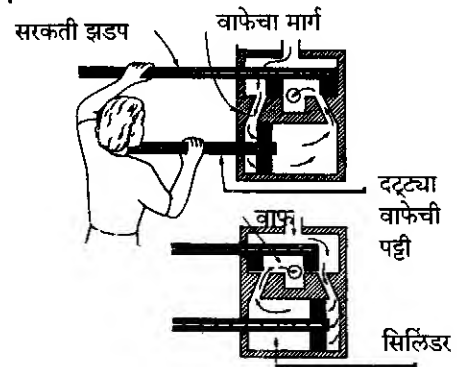
उ. वाफेची इंजिने

१. वाफेमुळे उत्पन्न होणारा दाब

एक दाबून बसविण्याचा झाकणाचा पत्र्याचा डबा (उदा., चहाचा) घ्या. फिरकीच्या झाकणाचा डबा वापरू नका. ह्या डब्यात थोडे पाणी घालून झाकण घट्ट बसवा. डबा विस्तवावर ठेवून तुम्ही बाजूला व्हा. थोड्या वेळाने वाफेच्या प्रसरणाचा जोर किती असतो हे तुमच्या लक्षात येईल.

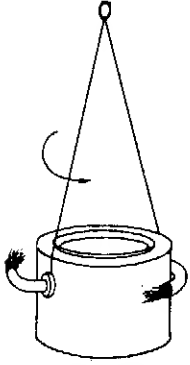
२. वाफेच्या इंजिनाचे कार्य कसे चालते?

वरच्या आकृतीप्रमाणे फळ्यावर वाफेच्या इंजिनाचे



चित्र काढा. चित्र सुमारे ६० सें. मी. चौरस मापाचे असावे. एक जाड पुठ्ठा घेऊन त्याचा आकृतीत दाखविल्याप्रमाणे दट्ट्या व सरकती झडप तयार करा. इंजीन चालू असता दट्ट्या व सरकती झडप यांची सापेक्ष हालचाल कशी होते ते विद्यार्थ्यांकडून आकृतीत दाखवून घेता येईल.

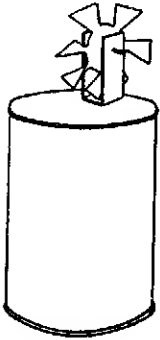
३. वाफेचे खेळणे तयार करणे.



इजिप्तमधील अलेक्झांड्रिया या प्राचीन शहरी हीरो नावाचा एक शास्त्रज्ञ राहत होता. त्याने वाफेचे एक खेळणे तयार केले होते. त्यास त्याने 'वाऱ्याचा चेंडू' (बॉल ऑफ दि विंड्स) असे नाव दिले होते. या खेळण्याचा नमुना पुढीलप्रमाणे तयार करता येईल. सुमारे एक पाईट किंवा अर्धा लीटर द्रव मावेल असा

एक पत्र्याचा डबा घ्या. डब्याच्या विरुद्ध बाजूस दोन भोके पाडा. त्यामध्ये एक भोक असलेली बुचे बसवा. आता आकृतीत दाखविल्याप्रमाणे दोन काचेच्या नळ्या वाकवा. त्यांची एका बाजूची टोके बारीक निमुळती असावी. या नळ्या बुचामध्ये असा बसवा की त्यांची बाहेरील टोके विरुद्ध दिशेस असतील. बुचांना दोरी बांधा व ती दोरी कडीला किंवा साखळीला अडकवून डबा लोंबकळत ठेवा. डब्यामध्ये सुमारे ३ सें. मी. उंचीपर्यंत पाणी ओतून त्यास झाकण घाला. डबा ज्योतीवर तापवा.

४. वाफचक्कीचा (स्टीम-टर्बाइन) नमुना तयार करणे.

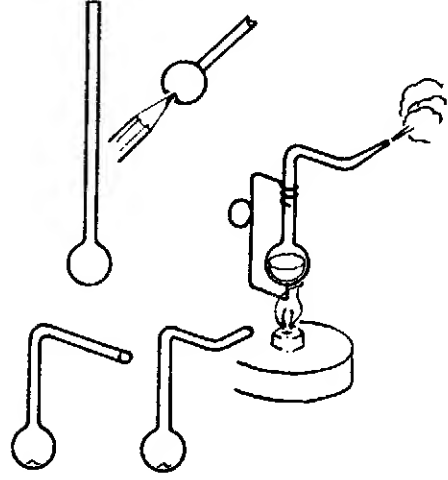


पवनचक्कीसारखा पंखा पत्र्याच्या डब्यावर बसवून वाफ-चक्कीचा एक नमुना तयार करता येईल. एक वर्तुळाकार पत्रा घेऊन त्यावर ठरावीक अंतरावर त्रिज्येच्या रेषांवर छेद घ्यावे. यामुळे तयार झालेले भाग एकाच दिशेने वाकविले म्हणजे पंखा तयार होईल.

शिवणाच्या सुईचा उपयोग पंख्याच्या कण्यासारखा होईल. आणखी एक पत्र्याचा डबा घेऊन त्यास इंग्रजी 'यू' (U) अक्षरासारखा आकार द्यावा व तो डब्याच्या वरच्या भागावर डाक देऊन पक्का बसवावा.

हा कण्याचा आधार होईल.

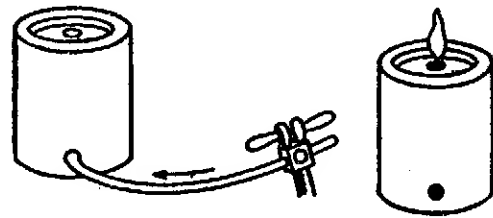
पंख्याच्या विरुद्ध बाजूस डब्याच्या झाकणास एक भोक पाडावे. त्यामधून पाण्याची वाफ जोराने बाहेर येईल.



५. काचेच्या चक्कीचा नमुना तयार करणे.

हा नमुना तयार करण्याकरिता काच फुंकण्याची थोडी फार सवय असली पाहिजे. एक साधी काचेची नळी घ्या. तिचे टोक ज्योतीमध्ये धरून ते बंद करा व दुसऱ्या टोकातून फुंकून पहिल्या टोकाशी सुमारे १.५ सें. मी. व्यासाचा एक फुगा तयार करा.

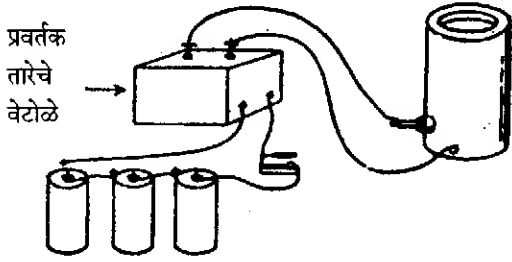
फुग्याचा तळ थोडासा मऊ करून त्यामध्ये पेन्सिलीचे टोक किंचित दाबा. त्यामुळे पाणचक्की फिरण्याकरिता तारेचे टोक टेकण्याची खाच तयार होईल. नळीच्या वरचा भाग ९० अंशामधून वाकवा. हा वाकविलेला भाग काही अंतरावर पुन्हा ९० अंशामधून वाकवून शेवटाचे टोक बारीक निमुळते करा. नळीचा फुगा तापवा व नंतर तिचे टोक एका चंचुपात्रात (बीकर) पाणी घेऊन त्यात बुडवा. त्यामुळे पाणी वर चढून फुग्यात येईल. अशा रीतीने निम्मा फुगा पाण्याने भरा. नळीस आधार म्हणून आकृतीत दाखविल्याप्रमाणे एक तारेची चौकट तयार करा.



६. वायूच्या स्फोटाचा जोर अजमाविणे.

१ ते २ लीटर वायू मावेल असा दाबून झाकण बसविण्याचा धातूचा एक डबा घ्या. झाकणाच्या मध्यावर सुमारे अर्धा सेंटिमीटर व्यासाचे भोक पाडा. डब्याच्या तळाशी एका बाजूला सुमारे दोन सें. मी. व्यासाचे भोक पाडा. आता झाकण दाबून घट्ट बसवा. गॅसची नळी खालच्या भोकामध्ये बसवा व तिची चावी उघडा. संबंध डबा वायूने भरू द्या. वरच्या भोकामधून गॅस बाहेर येत असल्याचे त्याच्या वासावरून समजेल. आता चावी बंद करा व गॅसची नळी काढून टाका. डब्याच्या वरच्या भोकाजवळ वायू पेटवा. डब्यापासून दूर उभे रहा व काय परिणाम होतो ते पहा. गॅसची ज्योत विझली असे वाटले तरी डब्याच्या जवळ जाऊ नका. वरच्या बाजूस गॅस जळत असताना खालच्या भोकामधून डब्यात काय जात असेल? गॅसचे आणि हवेचे मिश्रण स्फोटक केव्हा होते? (त्या वेळी त्यांचे परस्परांशी प्रमाण काय असते?)

७. इंजिनमध्ये गॅसोलीनच्या वाफेचा स्फोट कसा होतो?



एक लीटर मापाचा दाबून बसविण्याच्या झाकणाचा एक धातूचा डबा घ्या. त्याच्या तळाजवळ एक भोक पाडून त्यामध्ये मोटारीच्या इंजिनाचा स्पार्क प्लग बसवा. भोकाच्या विरुद्ध बाजूस डब्याच्या तळाजवळ खिळ्याने एक बारीक भोक पाडा. जास्त विद्युतदाब उत्पन्न

करण्याकरिता आकृतीत दाखविल्याप्रमाणे एक प्रवर्तक तारेचे वेटोळे (इन्डक्शन कॉईल) लागेल. या वेटोळ्याची प्राथमिक जोडणी तीन किंवा चार निर्द्रव विद्युतघटांशी करा. नंतर त्याची दुय्यम जोडणी स्पार्क प्लग व डब्याच्या दुसऱ्या बाजूस असलेल्या बारीक छिद्रामधून करा. डबा थोडासा गरम करा व त्यामध्ये पेट्रोलचे सुमारे दहा थेंब टाका. डब्याचे झाकण घट्ट बसवा व प्राथमिक जोडणीमधील स्विच दाबून विद्युतप्रवाह सुरू करा.

८. पेटणारी पिचकारी कशी तयार करावी?

या प्रयोगामध्ये अमाडू (चटकन पेटणारी वस्तू) हा पदार्थ वापरणे सोईचे असते. परंतु तो अगदी कोरडा असल्याशिवाय पेट घेत नाही. थोडासा फॉस्फरस मिसळलेला कार्बन-डायसल्फाइड या द्रवामध्ये बुडविलेला कापसाचा बोळा, दाबामुळे उत्पन्न होणाऱ्या उष्णमानावर पेट घेऊ शकतो.

काचेची पिचकारी वापरली तर प्रयोग जास्त परिणामकारक होतो. एक कठीण काचेची नळी (हार्ड कंबशन ट्यूब) घेऊन तीमध्ये एक चांगला दट्ट्या बसवा. (सायकल पंपातील दट्ट्या चालेल) मोकळ्या तोंडामधून कापसाचा बोळा घाला व त्यावर एक बूच बसवा. टेबलावर किंवा बाकावर पिचकारी धरून दट्ट्या जोराने खाली दाबा. बोळ्याने पेट घेतल्याबरोबर निळसर प्रकाश दिसेल.

लोखंडाच्या नळीच्या तुकड्याला चीर पाडून तो रक्षक आच्छादन म्हणून वापरला तर प्रयोगात काहीही धोका राहणार नाही. परंतु हा प्रयोग तसा धोक्याचा नाही.



चुंबकत्वाच्या अभ्यासाकरिता प्रयोग व साहित्य

१. नैसर्गिक चुंबक

जगाच्या पुष्कळ भागामध्ये लोहचुंबक असलेले खनिज सापडते. हे खनिज तुमच्या गावी सापडत नसेल तर दुकानामध्ये अल्प किमतीत मिळू शकेल. अशा खनिजाचा एक तुकडा घ्या. हाच नैसर्गिक चुंबक होय. एका पांढऱ्या कागदावर लोखंडाचे काही कण किंवा पोलादी धाग्याचे काही तुकडे पसरून ठेवा. ते खनिजाच्या तुकड्याने कसे आकर्षिले जातात ते पहा. यापेक्षा जड अशा कागदाच्या क्लिपा किंवा टेकस उचलण्याचा प्रयत्न करा. खनिजाचा एक गोळा चुंबकाच्या जवळ आणून काय होते ते पहा. गोळ्याच्या प्रत्येक भागाचा चुंबककाट्यावर (कंपासवर) सारखाच परिणाम होतो का पहा.

२. कृत्रिम चुंबक मिळविणे.

चुंबकत्वाचा अभ्यास करण्याकरिता जुने रेडिओ लाउडस्पीकर, टेलिफोन, संग्राहक किंवा मोटारीतील वेगदर्शक यामधील खूप शक्तीचे कृत्रिम चुंबक उपयोगी पडतील. शास्त्रीय उपकरणांच्या दुकानातही कृत्रिम चुंबक विकत मिळतील. चुंबकनाल, चुंबकपट्टी, इंग्रजी 'यू' (U) अक्षराच्या आकाराचे असे कृत्रिम चुंबकाचे अनेक प्रकार असतात.

३. पोलादी सळईचा चुंबक कसा तयार करतात?

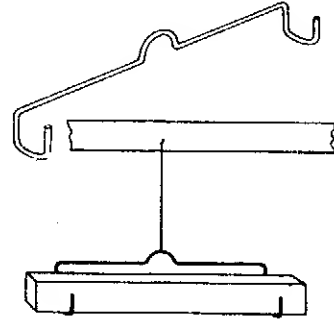
शिवणाची किंवा रफू करण्याची पोलादी सुई, लोखंडी खिळा, लहान किंवा मोठ्या घड्याळातील कमानीचा तुकडा इत्यादींमध्ये चुंबकत्व उत्पन्न करण्याकरिता लोहचुंबक खनिजाचा तुकडा किंवा दुसरा एखादा चुंबक उपयोगात आणा. या पदार्थावरून चुंबक अनेक वेळा फिरवून त्यामध्ये चुंबकत्व उत्पन्न करता येईल. दोन टोकांशी विजातीय ध्रुव असलेली चुंबकपट्टी तयार करावयाची असेल, तर कृत्रिम चुंबकाचा उपयोग करावा. चुंबकाचा एक ध्रुव पट्टीच्या मध्यावर ठेवून तो एका ठरावीक टोकापर्यंत सारखा फिरवत न्या. ही क्रिया पुष्कळ वेळा करा. नंतर पट्टी उलटी करा व तिच्या मध्यावर चुंबकाचा दुसरा ध्रुव ठेवून तो पट्टीच्या दुसऱ्या टोकापर्यंत सरकवत न्या. ही क्रियाही बरेच वेळा करा. नंतर ही पट्टी लोखंडाच्या

कणांत किंवा चुंबककाट्याजवळ धरून त्यामध्ये चुंबकत्व उत्पन्न झाले आहे किंवा नाही ते पहा.

४. चुंबकपट्ट्या तयार करणे.

कठीण पोलादाचे काही सपाट तुकडे घ्या. धातू कापण्याची अरुंद पात्याची करवत किंवा करवतीची पाती चालतील. घड्याळातील कमानीचे लांबट पोलादी तुकडेही उपयोगी पडतील. सुमारे १५ सें. मी. लांबीचे तुकडे घ्या. वरच्या प्रयोगात सांगितल्याप्रमाणे एका खूप शक्तीच्या चुंबकाचे दोन ध्रुव आलटून पालटून तुकड्याच्या दोन टोकांवरून फिरवा. तयार झालेल्या चुंबकाचे चुंबककाट्याच्या साहाय्याने परीक्षण करा. त्याची टोके काट्यावर विरुद्ध प्रकारचा परिणाम करतील. कठीण पोलादामध्ये चुंबकत्व उत्पन्न करणे बरेच अवघड असते. पोलादाचा तुकडा टेबलावर ठेवून त्यावर चुंबकाचा ध्रुव सारखा आपटून फिरवावा.

५. चुंबकत्वाचा अभ्यास करण्याकरिता फिरता पाळणा तयार करणे.



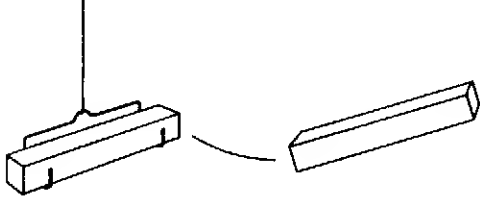
एक जाडशी तार घ्या. कोट-अडकवणीची तार वापरण्यास हरकत नाही. ही तार आकृतीत दाखविल्याप्रमाणे वाकवा. एक लहानशी चुंबकपट्टीही अडकवता यावी इतकेच अंतर तारेच्या दोन्ही टोकांस असलेल्या हुकामध्ये ठेवावे.

अशा प्रकारे तयार झालेल्या पाळण्याला दोरी बांधून तो लोंबकळत ठेवा. त्यामध्ये एक चुंबकपट्टी ठेवा व तिच्या जवळ दुसरे चुंबक आणून त्याचे परीक्षण करा.

६ चुंबकामधील चुंबकशक्तीची तीव्रता

एका कागदावर लोखंडाचा खूप कीस ठेवा. या किंसातून एक चुंबकपट्टी फिरवा. पट्टीच्या दोन्ही टोकांना सर्वात जास्त कीस चिकटलेला दिसेल, कारण त्या ठिकाणी चुंबकशक्ती जास्त तीव्र असते. या टोकांना चुंबकाचे ध्रुव (पोल्स) म्हणतात. चुंबकनाल, 'यू' आकाराचे चुंबक, इत्यादी विविध प्रकारचे चुंबक वापरून हाच प्रयोग करून पहा.

७. हवेमधून (दुरून) चुंबकाचा परिणाम होतो का?



पाचव्या प्रयोगात, सांगितल्याप्रमाणे एक चुंबकपट्टी टांगती ठेवा. या पट्टीजवळ दुसरा चुंबक हळूहळू आणा व वरील प्रश्नाचे उत्तर काय मिळते ते पहा.

८. चुंबकाचे दोन्ही ध्रुव एकाच प्रकारचे असतात का?

सातव्या प्रयोगाचेच साहित्य घ्या. टांगलेल्या चुंबकाच्या एका टोकाला खडूने खूण करा. आता दुसऱ्या चुंबकाचे एक टोक (ध्रुव) टांगलेल्या चुंबकाच्या खूण केलेल्या टोकाजवळ आणा. यानंतर हातातील चुंबकाचे दुसरे टोक (ध्रुव) खूण केलेल्या टोकाजवळच आणा. दोन्ही वेळा एकच परिणाम दिसून येतो का पहा. पहिल्या खेपेस कोणती क्रिया होते? दुसऱ्या खेपेस कोणती होते?

९. चुंबकत्वाचा नियम

सातव्या प्रयोगाचेच साहित्य उपयोगात आणा. चुंबककाट्याच्या साहाय्याने दोन चुंबकपट्ट्यांचे परीक्षण करा. पट्ट्यांचे कोणते टोक काट्याच्या उत्तरदर्शी टोकाला प्रतिसारित करते व दक्षिणदर्शी टोकाला आकर्षित करते ते पहा. या टोकांना खुणा करा. त्यांना 'उत्तर ध्रुव' म्हणतात. खुणा नसलेल्या टोकांना 'दक्षिण ध्रुव' म्हणतात. ही टोके काट्याच्या दक्षिणदर्शी टोकाला प्रतिसारित करतील आणि उत्तरदर्शी टोकाला आकर्षित करतील.

आता खुणा केलेल्यांपैकी एक पट्टी लोंबकळत ठेवा. दुसऱ्या पट्टीचा उत्तर ध्रुव लोंबकळणाऱ्या पट्टीच्या उत्तर ध्रुवाजवळ आणा. आकर्षण होते का प्रतिसारण? यानंतर

दोन्ही पट्ट्यांचे दक्षिण ध्रुव शेजारी आणा. काय दिसून येते? हातातील पट्टीचा उत्तर ध्रुव लोंबकळणाऱ्या पट्टीच्या दक्षिण ध्रुवाजवळ आणून काय होते ते पहा. तसेच दक्षिण ध्रुव उत्तर ध्रुवाजवळ आणा. कोणता परिणाम होतो? या एकूण प्रयोगावरून सजातीय व विजातीय ध्रुवांसंबंधी तुम्ही कोणता निष्कर्ष काढाल? हाच चुंबकत्वाचा नियम होय.

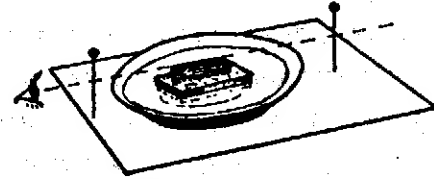
१०. साधा चुंबक-काटा (मॅग्नेटिक कंपास नीडल) तयार करणे.



नैसर्गिक किंवा दुसरा कोणताही चुंबक पोलादी पट्टीवर किंवा घड्याळातील कमानीच्या तुकड्यावर फिरवून त्यामध्ये चुंबकत्व उत्पन्न करा. हा चुंबक-काटा बनविण्याकरिता त्यास घर्षण होणार नाही असा आधार दिला पाहिजे. ही गोष्ट वेगवेगळ्या प्रकारे सहज साधता येईल. त्याकरिता सुमारे २ सें. मी. लांबीची काचेची नळी घ्या. तिचे एक टोक ज्योतीमध्ये तापवून बंद करा. एका लाकडी तुकड्यामध्ये किंवा बुचामध्ये टाचणी खोचून तीवर ही नळी उलटी ठेवा. चुंबकत्व उत्पन्न केलेली पोलादी पट्टी या नळीला मेणाने कशी चिकटवून बसवा की पट्टी सहज फिरत राहील.

कापड वेष्टित बटणाचा पोलादी भाग वापरूनही काट्याला आधार देता येईल. बटणाच्या वर आलेल्या टोकांमध्ये पट्टी बसवा. नंतर बटणाचा खोलगट भाग काचेवर किंवा दुसऱ्या कोणत्याही गुळगुळीत पृष्ठभागावर ठेवा.

११. चुंबकीय उत्तर दिशा निश्चित करणे.



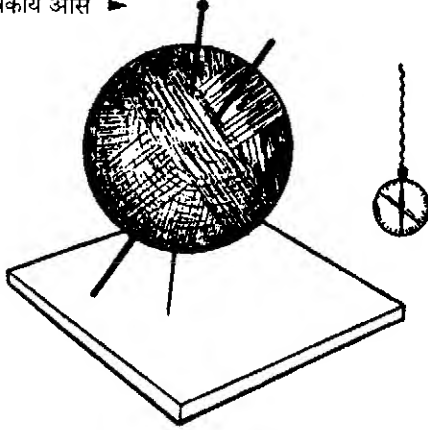
एका बशीत पाणी घेऊन त्यामध्ये सुमारे १० सें. मी. X३ सें. मी. मापाचा बुचाचा तक्ता तरंगत ठेवा.

एका पोलादी तुकड्यामध्ये किंवा धातू कापण्याच्या

करवतीच्या लहानशा पात्यामध्ये चुंबकत्व उत्पन्न करा. करवतीचे दाते बुचामध्ये घुसवून तिची वरची कड बुचाला समांतर राहिल अशी बसवा. बशी एका कागदावर ठेवा. बूच स्थिर झाले म्हणजे करवतीच्या वरच्या कडेवरून पहा. त्याच पातळीत बुचाच्या दोन्ही बाजूंना कागदावर टाचण्या टोचा. टाचण्यांच्या तळामधून जाणारी रेषा म्हणजे चुंबकीय अक्षांश (मॅग्नेटिक मेरिडिअन) होय.

१२. पृथ्वीमध्ये चुंबकत्वाचे अस्तित्व दाखविणारे उपकरण (नमुना)

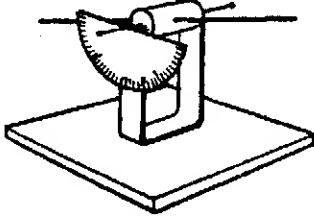
चुंबकीय आस ▶



पृथ्वीचा नमुना म्हणून चेंडूचा किंवा गोल फळाचा उपयोग करावा. त्यामध्ये लाकडी सळई तिरपी घुसवून तिच्याच आधारावर चेंडू ठेवा. ही सळई म्हणजे पृथ्वीचा परिभ्रमणाचा (रोटेशन) आस होईल.

पृथ्वीमध्ये पृथ्वीच्या चुंबकीय आसाच्या दिशेने एक चुंबकत्व असलेली शिवणाची सुई घुसवा. घड्याळाच्या साखळीला जोडतात तसला लहानसा चुंबक काटा वापरून पृथ्वी भोवतालच्या चुंबकक्षेत्राचा नकाशा काढा.

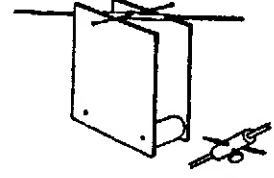
१३. चुंबकीय कल (डिप) दाखविणारे उपकरण तयार करणे.



एका लांबट बुचाच्या वर्तुळाकार टोकाच्या व्यासाशी समांतर येईल अशी एक सुई बुचामध्ये घुसवा. बुचाच्या

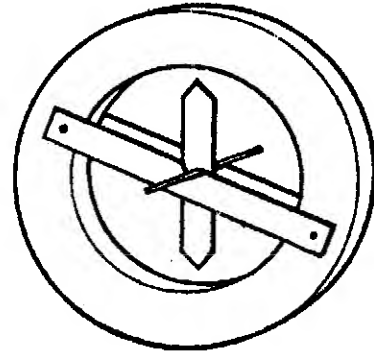
टोकामध्ये टाचण्या घुसवा. या टाचण्यांना इंग्रजी 'यू' (U) आकाराच्या पितळी पट्टीचा आधार देऊन बूच आडवे ठेवा. बूच बाजूला काढून त्यात घुसविलेल्या सुईमध्ये चुंबकत्व उत्पन्न करा. बूच पुन्हा आधारावर ठेवले म्हणजे पृथ्वीचुंबकामुळे सुईचे एक टोक खालच्या बाजूस कलते राहिल. कोनमापकाच्या साहाय्याने हा कलकोन (अँगल ऑफ डिप) मोजता येईल.

बुचाऐवजी सायकलमधील व्हाल्व्हची रबरी नळी वापरता येईल. बुचाच्या दोन्ही बाजूंना टाचण्यांच्या



साहाय्याने दोन कार्डे बसविली म्हणजे त्यांचा आधार म्हणून उपयोग होईल. व्हाल्व्ह ट्यूबमध्ये टाचणी घुसवून ती कार्डावर ठेवली म्हणजे ट्यूबमध्ये असलेली चुंबकसुई टांगती राहिल. सुई किती प्रमाणात कलली आहे ते कळण्याकरिता कार्डावर खूण करावी व नंतर कोन मोजावा. विजेच्या तारा जोडण्याकरिता पितळी नळी (कनेक्टर) वापरतात तसली मिळाल्यास तीमध्ये चुंबकसळई घालता येईल व नव्हीला डाकाने ग्रामोफोनच्या सुया आडव्या बसविता येतील.

१४. चुंबकीय कल दाखविणाऱ्या उपकरणाचा एक नमुना



बाहेरून व्यास ५०सें. मी. होईल असे कार्डबोर्डचे एक कडे तयार करा. कलकाट्याचा आधार म्हणून कड्याच्या दोन्ही बाजूंना व्यासाच्या दिशेने दोन पट्ट्या बसवा. कार्डबोर्डचा कलकाट्याचा एक नमुना तयार करा व पट्ट्यांमधील खोबणीमध्ये तो आधारित ठेवा.

कलकोन मोजण्याच्या उपकरणातील निरनिराळ्या चुकांची

चर्चा करण्याकरिता या नमुन्याचा चांगला उपयोग होईल.

१५. चुंबककाट्याने परीक्षण करणे.

लोखंड आणि पोलादाच्या वेगवेगळ्या वस्तूंमध्ये पृथ्वी चुंबकामुळे चुंबकत्व उत्पन्न होते. कुंपणाच्या व पुलाच्या लोखंडी खांब्यांमध्ये चुंबकत्व उत्पन्न झाले आहे किंवा नाही ते चुंबक-काटा वापरून ठरवता येईल. खांब्याच्या दोन्ही टोकांचे परीक्षण करून चुंबक ध्रुव उत्पन्न झाले किंवा नाही ते पाहता येईल. एक लोखंडी सळई जमिनीत घुसवा व त्यामध्ये चुंबकत्व उत्पन्न होते का पहा. सळईच्या वरच्या आणि खालच्या टोकांचे परीक्षण करा. चुंबककाट्याच्या साहाय्याने शाळेभोवती व घराभोवती असलेल्या इतर लोखंडी वस्तूंचे परीक्षण करा.

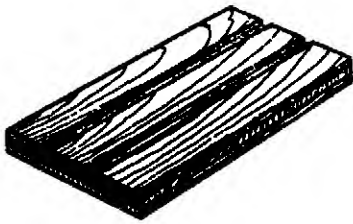
१६. कोणत्या पदार्थात चुंबकीय गुणधर्म आढळतात?

कागद, मेण, पितळ, जस्त, लोखंड, पोलाद, निकेल, काच, बूच, रबर, अॅल्युमिनियम, तांबे, सोने, चांदी, लाकूड, कथील इत्यादींच्या वेगवेगळ्या प्रकारच्या लहान वस्तू घ्या. त्या सर्व एका पेटीत ठेवा. नंतर चुंबकाच्या साहाय्याने त्यापैकी कोणत्या वस्तू आकर्षित जातात व कोणत्या जात नाहीत ते पहा.

१७. आघात करून चुंबकत्व उत्पन्न करणे.

सुमारे १ मीटर लांबीची लोखंडी सळई घ्या. पडद्याकरिता वापरतात तसली सळई चालेल. चुंबक-काट्याच्या साहाय्याने तीमध्ये चुंबकत्व आहे का पहा. ही सळई उत्तर-दक्षिण दिशेने थोडीशी कलती धरा. नंतर तीवर जोराने अनेक आघात करा व तीमध्ये चुंबकत्व उत्पन्न होते का पहा. सळई पूर्व-पश्चिम दिशेने धरून तिच्या टोकावर जोराने ठोकले तर तीमधील चुंबकत्व नाहीसे होते.

१८. चुंबक-कार्यरेषा (लाईन्स ऑफ फोर्स)



चुंबक-कार्यरेषांच्या दिशांचे आराखडे तयार करण्याकरिता एक प्लायवुडची फळी घेऊन तीवर चुंबक ठेवता येतील अशा खोबणी किंवा खाचा वरच्या थरात पाडा.

रेषांचे कायमचे नमुने तयार करावयाचे असतील तर चुंबकावर ठेवावयाचे कागद मेणबत्तीचे मेण तापवून त्यात बुडवून काढा व नंतर थंड करा. आता हे कागद चुंबकावर ठेवून त्यावर सुमारे ३० सें. मी. उंचीवरून लोखंडाचा कीस टाका व कागदावर टिचकी मारा. नमुना पक्का होण्याकरिता कागद स्पिरिटच्या दिव्याने काळजीपूर्वक तापवा. त्यामुळे लोखंडाचा कीस मेणामध्ये पक्का बसेल.

१९. चुंबक-कार्यरेषांचा नकाशा तयार करणे.

मेण लावलेल्या कागदाऐवजी काळा केलेला कागद वापरूनही चुंबक-कार्यरेषांचा नकाशा तयार करता येतो. या प्रकारचे कागद, इमारतीचे नकाशे वगैरे काढणारे लोक ब्ल्यू प्रिंटऐवजी वापरतात. हे कागद दिवसाच्या उजेडात वापरले तरी चालतात.

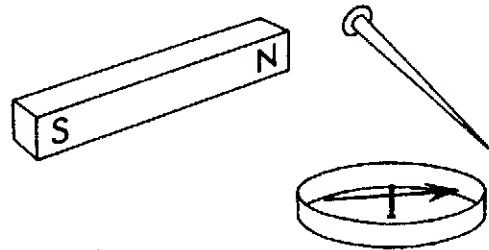
वरील कागदावर आपणास पाहिजे असतील तसे चुंबक ठेवा व त्यावर लोखंडाचा कीस पसरा. हे सर्व साहित्य सूर्यप्रकाशात किंवा प्रखर उजेडात सुमारे दहा मिनिटे अगर विद्युत कमानाच्या (आर्क) उजेडात सुमारे दोन मिनिटे ठेवा. नंतर लोखंडी कीस काढून टाका व कागद विकासक द्रव्यात (डेव्हलपर) बुडविलेल्या कापसाच्या बोळ्याने पुसून घ्या.

अशा प्रकारे उठविलेले छाप स्पष्ट असतात व त्यावर रोगण लावल्याने ते टिकाऊ होतात.

२०. कोणत्या पदार्थांमधून चुंबकाचे कार्य होऊ शकते?

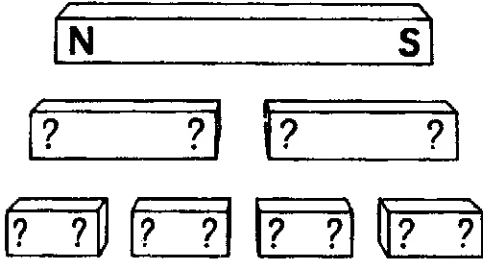
लाकूड, काच, तांबे, पितळ, जस्त, पेस्टबोर्ड, प्लॉस्टिक, लोखंड, अॅल्युमिनियम इत्यादींचे लहान चौकोनी तुकडे घ्या. प्रत्येक तुकड्याच्या वरच्या बाजूवर थोडासा लोखंडी किस ठेवा. त्याच्या खालच्या बाजूस खूप शक्तीचा चुंबक मागे पुढे सरकवा. लोखंडी किसाच्या हालचालींवरून कोणत्या पदार्थांमधून चुंबकाचे कार्य होऊ शकते ते ठरविता येईल.

२१. चुंबक प्रवर्तनाचे (मॅग्नेटिक इन्डक्शन) कार्य कसे होते?



चुंबककाट्याच्या साहाय्याने खूप शक्तीच्या चुंबकाचे परीक्षण करा व त्याच्या दक्षिण-उत्तर ध्रुवावर खुणा करा. टेबलावर चुंबककाटा ठेवा व त्याच्याजवळ एका खिळ्याचे अणकुचीदार टोक व मऊ लोखंडाचा एक तुकडा धरा. नंतर वरील चुंबकाचा उत्तर ध्रुव खिळ्याच्या माथ्याजवळ आणा. मात्र त्याचा स्पर्श करू नका. काट्याजवळ असलेल्या खिळ्याच्या टोकांमध्ये कोणता ध्रुव (दक्षिण का उत्तर) उत्पन्न झाला आहे? खिळ्याच्या माथ्याजवळ कोणता ध्रुव उत्पन्न झाला असेल? परीक्षण करा. पुन्हा पूर्वीप्रमाणेच खिळा धरा व त्याच्या माथ्याजवळ चुंबकाचा दक्षिण ध्रुव आणा. आता काट्याजवळील खिळ्याच्या टोकामध्ये कोणता ध्रुव उत्पन्न झाला आहे? (दक्षिण का उत्तर) वरच्या टोकामध्ये कोणता ध्रुव उत्पन्न होतो?

२२. चुंबक तोडला असता काय होते?



तिसऱ्या प्रयोगात सांगितल्याप्रमाणे सुमारे २५ सें. मी. लांबीच्या घड्याळाच्या कमानीमध्ये (स्प्रिंग) किंवा धातू कापण्याच्या करवतीच्या पात्यामध्ये चुंबकत्व उत्पन्न करा. या चुंबकाचे एक टोक उत्तर ध्रुव व दुसरे दक्षिण ध्रुव असल्याची खात्री चुंबककाट्याच्या साहाय्याने करून घ्या. या ध्रुवांना N (उ.) आणि S (द.) अशा खडूने खुणा करा. या चुंबकाच्या मध्यावर चुंबकत्वाचे काही गुणधर्म आढळतात का पहा. आता गावीने किंवा पकडीने या चुंबकाचे सुमारे १२.५ सें. मी. लांबीचे दोन समान तुकडे करा. काय दिसून येते? प्रत्येक टोकामध्ये गुणधर्म दिसून येईल, त्याप्रमाणे त्यांना N (उ.) व S (द.) अशी नावे द्या. आता या दोन चुंबकांचे चार चुंबक तयार करा. त्यांच्या प्रत्येक टोकाचे परीक्षण करून जरूर ती ध्रुवांची नावे द्या. अशा प्रकारे शक्य होईल तोपर्यंत चुंबकाचे तुकडे करीत रहा. त्यावरून प्रयोगाच्या आरंभी

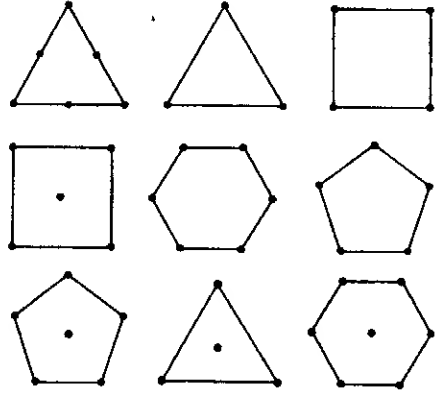
लिहिलेल्या प्रश्नाचे उत्तर शोधून काढा.

२३. लोखंडी किसानाचा चुंबक तयार करणे.

एका परीक्षानळीच्या किंवा दुध-ब्रश ठेवण्याच्या काचेच्या नळीच्या दोन-तृतीयांश भागात लोखंडाचा कीस भरा. तिचे तोंड कापसाने किंवा बुचाने बंद करा. नळी अजिबात हलवू नका. या नळीवरून एक खूप जोरदार शक्तीचा चुंबक फिरवा. नंतर ही नळी चुंबककाट्याजवळ आणली तर तीमध्ये चुंबकत्व उत्पन्न झाले असल्याचे आढळून येईल. आता नळी चांगली हलवा व चुंबक काट्याजवळ पुन्हा आणा. या वेळी नळीमध्ये चुंबकत्व नसल्याचे दिसून येईल. चुंबकामधील चुंबकत्व त्यातील कणांवर (अणू अगर परमाणू यांवर त्यांच्या रचनेवर) अवलंबून असले पाहिजे, असा निष्कर्ष शास्त्रज्ञांनी अशा प्रकारच्या प्रयोगांवरूनच काढला.

२४. तरंगते चुंबक तयार करणे.

दाढी करण्याची काही पाती घेऊन त्यामध्ये चुंबकत्व उत्पन्न करा. मात्र पात्यावर लोहचुंबक घासताना हात कापून न घेण्याची फार काळजी घ्या. कारण पात्यांना फार तीक्ष्ण धार असते. या पात्यांवर तेलाचा अगर व्हॅसलीनचा अगदी पातळ थर द्या. आता एका खोलगट बशीमध्ये (सूप प्लेट) पाणी घेऊन त्याच्या पृष्ठभागावर पाती तरंगत ठेवा. या तरंगत्या चुंबकाखाली एक खूप शक्तीचा चुंबक आणून पहा.



२५. तरंगत्या चुंबकासंबंधी काही प्रयोग.

सात आठ पोलादी सुयामध्ये चुंबकत्व उत्पन्न करा. सर्वांच्या टोकांमध्ये एक प्रकारचा ध्रुव व नेळ्यांमध्ये दुसऱ्या प्रकारचा ध्रुव उत्पन्न व्हावा. सुमारे १३ मिलीमीटर व्यासाच्या सपाट बुचांमध्ये या सुया अशा घुसवा की,

सुमारे एक सें. मी. सुईचा भाग वर राहिल. अशा बुचामध्ये एक सुई घुसवा. एका मोठ्या बशीमध्ये इतके पाणी ओता की तिच्या उतरत्या बाजूच्यावर पाण्याचा पृष्ठभाग येईल. या पाण्यामध्ये सुईचे टोकदार टोक खाली येईल अशा रीतीने बुचे सोडा. सर्व चुंबक सुया तरंगत राहतील. आता खूप शक्ती असलेल्या चुंबकाचा एक ध्रुव या सुयांवर धरा. नंतर त्याऐवजी दुसरा ध्रुव धरा. या तरंगत्या चुंबकाची वेगवेगळ्या प्रकारची रचना पाण्यामध्ये करता येईल. आकृतीमध्ये काही रचना दाखविलेल्या आहेत.

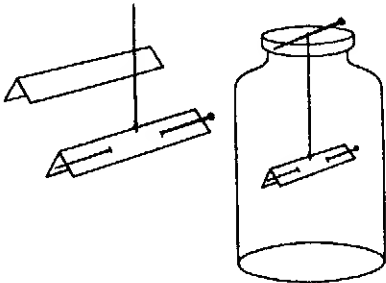
२६. चुंबकाचा आंदोलक

इंग्रजी 'यू' (U) आकाराचा चुंबक त्याच्या बाजूवर आधारित असा ठेवा. खालच्या ध्रुवावर दाढीचे पाते ठेवा. ते सरळ उभे राहिल. वरच्या मोकळ्या ध्रुवावर पेन्सिलीने आघात करा. त्याचे आंदोलन कसे होते ते पहा.

२७. हवेमध्ये सुई तरंगती ठेवणे.

एक दोरा ओवलेली सुई घ्या. टेबलावर एक चुंबक ठेवून त्याच्या एका ध्रुवावर सुई चांगली घासा. सुईमध्ये चुंबकत्व येईपर्यंत ती दूर करू नका. नंतर सुई हळूच बाजूला करा व दोन्याने वर उचलून चुंबकाच्या दुसऱ्या ध्रुवावर धरा. प्रयोग काळजीपूर्वक व बरोबर केला तर दुसऱ्या ध्रुवावर सुई धरली असता ती हवेत तरंगत राहिल. याचे कारण काय असेल?

२८. कार्डाचा चुंबक-काटा तयार करणे.



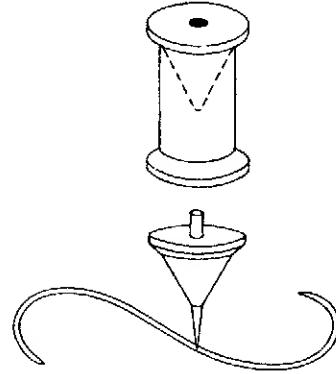
एक रुंद तोंडाची काचेची बरणी घ्या. एक कार्डबोर्ड किंवा जाड कागद घेऊन त्यास आकृतीत दाखविल्याप्रमाणे घडी घाला. ही घडी बाटलीमध्ये सहज घालता यावी. मात्र फार लांब नसावी. तिसऱ्या प्रयोगात सांगितल्याप्रमाणे कार्डबोर्डपेक्षा जरा लांब असलेल्या रफू करावयाच्या सुईमध्ये चुंबकत्व उत्पन्न करा. ही सुई कार्डबोर्डवर घुसवा व दोरा बांधून लोंबकळत ठेवा. कार्डबोर्ड व सुई समतोल राहण्याकरिता सुई कमी-जास्त आत सरकवा. एका लांब

लाकडाच्या तुकड्याला किंवा आगपेटीतील काडीला दोरा बांधा व तो तुकडा किंवा काडी बरणीच्या तोंडावर ठेवा.

२९. चुंबकाने मासे पकडण्याचा खेळ खेळणे.

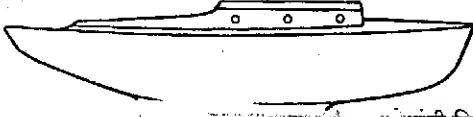
काही डेसिमिटर लांब असलेल्या दोरीच्या एका टोकाला एक खूप शक्तीचा चुंबक बांधा. दोरीचे दुसरे टोक मासे पकडण्याच्या किंवा दुसऱ्या एखाद्या काठीला बांधा. एका टेबलावर खिळे, स्क्रू, बोल्ट, नेट, टेक्स अशा लोखंडाच्या विविध वस्तू ठेवून त्यापुढे पडदा सोडा. प्रत्येक वस्तूचे गुण (मार्क) ठरवा. मोठ्या खिळ्याला ५ गुण, स्क्रूला ४ गुण, बोल्टला ३ गुण इत्यादी. पडद्याच्या पलीकडे विद्यार्थ्यांना बसवून मासे पकडण्याच्या तयार केलेल्या काठीने वस्तू उचलण्यास सांगावे व त्याप्रमाणे त्यास गुण द्यावे.

३०. चुंबक-भोवऱ्याची जादू



दोरा गुंडाळण्याच्या रिळापासून एक भोवरा तयार करा. प्रथम रीळ आडवे कापून दोन भाग करा. एका भागाच्या एका टोकास शंकूप्रमाणे टोकदार आकार द्या. रिळाच्या भोकामध्ये घट्ट बसेल असा एक खिळा किंवा लोखंडी सळई घ्या. खिळा रिळामध्ये बसविल्यानंतर तो खाली आणि वर सुमारे १ सें. मी. बाहेर राहिल इतक्या लांबीचा कापून घ्या. खालच्या बाजूस बाहेर आलेल्या सळईचा भाग घासून गोल आणि टोकदार करा. ही भोवऱ्याची अरी होईल. आता ही सळई बाहेर काढून तीमध्ये चुंबकत्व उत्पन्न करा व पहिल्याप्रमाणे पुन्हा बसवा. एक मऊ लोखंडाची तार घेऊन तिला इंग्रजी 'एस' (S) अक्षरासारखा आकार द्या. हा तारेचा तुकडा एका गुळगुळीत सपाट पृष्ठावर ठेवा. या तारेच्या एका टोकाशी भोवरा फिरविण्यास सुरुवात केली तर तो तार ठेवली आहे त्याप्रमाणे दुसऱ्या टोकापर्यंत फिरत जाईल.

३१. चुंबक-होडी (नाव)

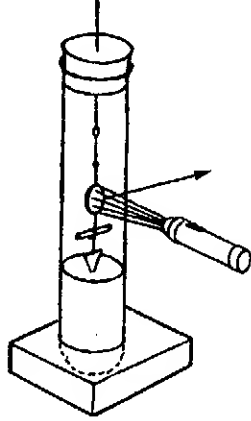


लोखंडी खिळा

मऊ लाकडाची एक लहानशी होडी (नाव) तयार करा. हवे तर तिला एक शीड व शीड काठी जोडावी. होडी आतून पोकळ करा किंवा तिच्या तळाशी लांबीच्या बाजूने एक भोक पाडा.

एका लोखंडी खिळ्यामध्ये चुंबकत्व उत्पन्न करून तो भोकामध्ये घाला किंवा होडीमध्ये (पोकळ असल्यास) ठेवा. प्लॅस्टिकच्या किंवा अॅल्युमिनियमच्या मोठ्या पसरट थाळीमध्ये पाणी घ्या. तो समुद्र होईल. पाहिजे तर वाळू किंवा लाकूड वापरून समुद्रकिनारा तयार करा. समुद्रात होडी सोडा. थाळीच्या खालून चुंबक फिरवून होडी पाहिजे तशी फिरविता येईल.

३२. अचूक नोंद करणारा चुंबकबल मापक (मॅग्नेटोमीटर)

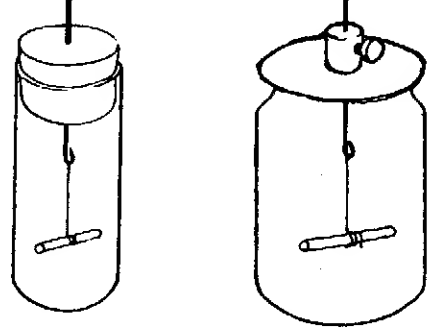


एका परीक्षानळीला बूच बसवा व त्यामधून आधार देण्याकरिता एक तांब्याची तार घाला. चुंबक टांगता ठेवण्याकरिता तांब्याच्या बारीक तारेची एक शिंकाळी तयार करा. या तारेच्या खालच्या टोकाला एक लहानसे तिकोनी पंख डाक देऊन बसवा.

चुंबक-वाहकाला एक लहानसा आरसा जोडा. त्यामुळे त्यावर पडलेले प्रकाशकिरण परावर्तन पावतील. प्रथम परीक्षानळीमध्ये सुमारे ३ सें. मी. उंचीपर्यंत तेल ओता.

नंतर शिंकाळीत लोंबकळणारा चुंबक नळीमध्ये इतका सोडा की, तारेच्या टोकाशी असलेला पंख तेलामध्ये जेमतेम बुडून राहील.

३३. आंदोलन पावणारा चुंबकबल मापक.

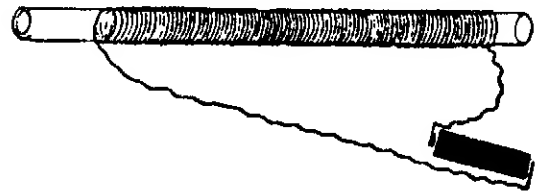


लहान पण खूप शक्तीचा कोबाल्ट किंवा टिकोनल चुंबक रेशमी दोऱ्याने परीक्षानळीमध्ये टांगून ठेवला म्हणजे उत्तम आंदोलन पावणारा चुंबकबल मापक तयार होईल. या ठिकाणी आंदोलनाच्या अवरोधाचा प्रश्न उद्भवत नाही. कारण आंदोलक ज्या चुंबकक्षेत्रामध्ये लोंबकळत असतो, त्या क्षेत्राच्या शक्तीवर आंदोलनास लागणारा वेळ अवलंबून असतो.

लाकडी बूच असलेली मोठ्या तोंडाची बरणी वापरून मापकाचा मोठा नमुना तयार करता येईल. पितळेची तारजोडणी वापरून वरच्या बाजूस तार पकडण्याची चांगली सोय करता येईल. त्यामुळे हे उपकरण वापरात नसेल तेव्हा तार खाली सोडून चुंबक तळाशी टेकवून ठेवता येईल. ही काळजी घेतली असता चुंबक लोंबकळत ठेवण्याकरिता वापरलेली तार पुष्कळ दिवस टिकते.

(विशेष सूचना - आंदोलनाला अवरोध करणे म्हणजे त्याचा विस्तार कमी करणे.)

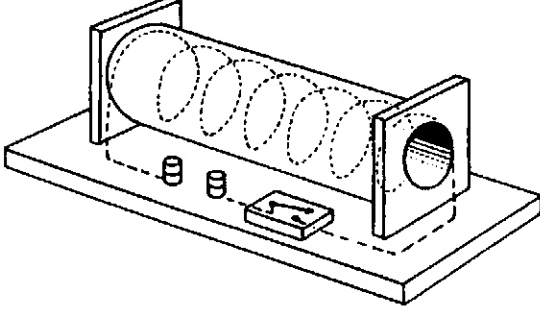
३४. चुंबकत्व उत्पन्न करणारे तारेचे वेटोळे



काचेच्या एका नळीभोवती तांब्याच्या तारेचे जवळ जवळ वेढे दिल्यानंतर त्याचा उपयोग शिवणाच्या सुयामध्ये

चुंबकत्व उत्पन्न करण्याकरिता होऊ शकेल. साध्या विजेरीने तारेमधून विद्युत प्रवाह सुरू करता येईल. मात्र या विजेरीची जोडणी वाजवीपेक्षा जास्त वेळ चालू ठेवता कामा नये.

३५. विजेचा पुरवठा करणाऱ्या तारांमधून आलेल्या प्रवाहावर चालणारे, चुंबकत्व उत्पन्न करणारे तारेचे वेटोळे



सुमारे ५० सें. मी. लांबीच्या नळीभोवती २२ नंबरच्या

विद्युत-विरोधित पदार्थाने अवगुंठित केलेल्या (इन्सुलेटेड) तांब्याच्या तारेचे १२ थर दिलेले असतात. ही योजना २२० व्होल्ट दाबाच्या विद्युतप्रवाहाकरिता असते. एकसर मालेसारखी (सेरिज) जोडणी असेल तर तारेचे वेढे कमी असावयास हरकत नाही किंवा तारेचे काही थर नळीच्या बाहेरील बाजूस दिले तरी चालतील.

प्रवाह सतत चालू राहिला तर नळी खूप तापेल. तेव्हा विद्युतमंडलामध्ये दाब-बटणाचा (टॅपिंग की) उपयोग करावा. त्यामुळे प्रवाह मधून मधून सुरू बंद करता येईल. उलट सुलट दिशेने वाहणारा प्रवाह (ए.सी.) उपयोगात आणून चुंबकत्व नाहीसे करता येईल. वेटोळ्यांच्या आत आसाला समांतर ठेवलेली वस्तू हळूहळू काढून घेऊन चुंबक क्षेत्राबाहेर नेली म्हणजे तीमधील चुंबकत्व नाहीसे होईल.

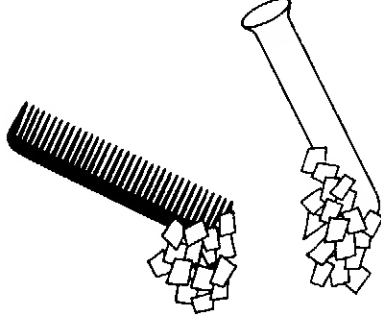
वेटोळ्याचा उपयोग चुंबकत्व उत्पन्न करण्याकरिताही होईल. वस्तू वेटोळ्यामध्ये ठेवून बटण दाबून क्षणभर प्रवाह सुरू करावा.

विद्युतच्या अभ्यासाकरिता प्रयोग व साहित्य

अ. स्थिर (स्टॅटिक) विद्युत

(खालील सर्व प्रयोग कोरड्या हवेत केले असता यशस्वी होतात.)

१) वस्तू एकमेकांवर घासून विद्युत उत्पन्न करता येते.



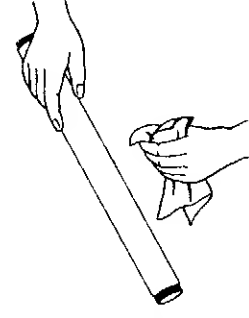
कानशीने बूच घासून त्याचा बारीक कीस करा व त्याचा एक लहानसा ढीग करा. प्लॉस्टिकची फणी, पेन्सिल किंवा फाउंटन पेन, मेणबत्तीचा तुकडा, रबरी फुगा, काचेची किंवा चिनी मातीची बशी आणि कोणतेही अधातू पदार्थ घ्या. प्रत्येक वस्तू तुमच्या केसांवर किंवा केसाळ कातड्यावर जोराने घासा आणि बुचाच्या तुकड्यांच्या ढिगाजवळ आणा. त्याच वस्तू पुन्हा घासून कागदाच्या कपट्यांजवळ आणा. काय परिणाम दिसून येतो ते पहा. आता रेशमी कापडावर प्रत्येक वस्तू घासून प्रयोग पुन्हा करा. नंतर प्लॅनेलचा (लोकराचा) कपडा वापरून हाच प्रयोग करा.

२) स्थिर विद्युत प्रत्येक ठिकाणी असते.



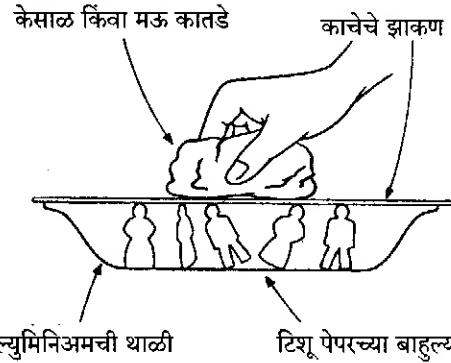
हवा भरलेला फुगा तुमच्या केसांवर घासा व कागदाच्या किंवा बुचाच्या तुकड्याजवळ आणा. पाणी व प्लॉस्टिकची पट्टी वापरून हाच प्रयोग करा. तुमच्या गरम कोटाच्या बाहीवर फाउंटन पेन घासून त्यामध्ये विद्युत उत्पन्न होते का पहा. सुमारे ५ सें.मी. रुंद व ३० सें. मी. लांब अशा वर्तमानपत्राच्या कागदाच्या दोन पट्ट्या एकमेकांवर धरा. दुसऱ्या मोकळ्या हाताचा अंगठा व बोट यांमध्ये पट्ट्या हलकेच दाबून धरून झरकन ओढून घ्या. कोणता परिणाम

दिसून येतो? अशाच प्रकारचे स्थिर विद्युतचे अस्तित्व दाखविणारे काही प्रयोग करून पहा. मोरपिसांचा खेळ तुम्ही केला असेल.



३) स्थिर विद्युतपासून उजेड

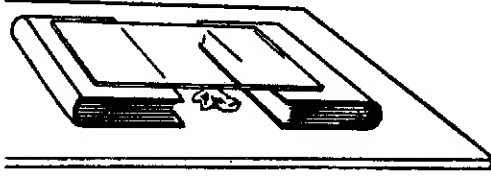
एक अनुस्फुरित (फ्लुओरोसेंट) विजेचा दिवा (नळी) घ्या. अंधाऱ्या खोलीमध्ये केसाळ कातड्यावर किंवा प्लॅनेलच्या कापडावर तो जोराने घासा. काय दिसून येते?



४) स्थिर विद्युतमुळे नाचणाऱ्या आकृती

एक सुमारे २.५ सें.मी खोल असलेली अॅल्युमिनिअमची थाळी व तीवर घालण्याकरिता काचेचे झाकण घ्या. आकृतीत दाखविल्याप्रमाणे पातळ टिशू पेपरच्या लहान बाहुल्या तयार करा. बॉक्सिंग खेळणाऱ्या खेळाडूंप्रमाणे काही आकृत्या कापून घ्याव्या. या सर्व आकृत्या थाळीच्या खोलीपेक्षा कमी उंच असाव्या. आता या आकृत्या थाळीच्या तळाशी ठेवून त्यावर काचेचे

झाकण घाला. झाकणाचा वरचा पृष्ठभाग केसाळ किंवा मऊ कातड्याच्या तुकड्याने घासा. आतील आकृत्या कशा नाचतात ते पहा.

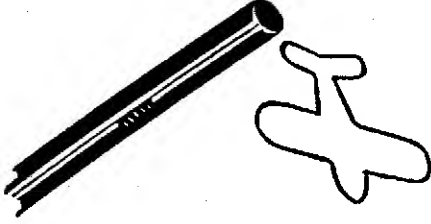


५) कागदी कपट्याच्या उड्या

टेबलावर दोन पुस्तके काही अंतरावर ठेवा. या दोन्ही पुस्तकांवर एक काचेचा चौकोनी तुकडा ठेवा. आता काचेची वरची बाजू रेशमी किंवा फ्लॅनॅलच्या कापडाने घासा. त्यामुळे काचेखालील चुरगळलेल्या कागदाचे कपटे गमतीदार उड्या मारीत असलेले दिसतील.

विद्युतभारित काचेमुळे कागदाच्या कपट्यांमध्ये विद्युत प्रवर्तित होते व ते काचेकडे आकर्षिते जातात. त्यामधील विद्युत नाहीशी झाली म्हणजे ते खाली पडतात. कागदाच्या तुकड्यांना बेडकाचा आकार दिल्यास प्रयोग खूपच मनोरंजक होईल.

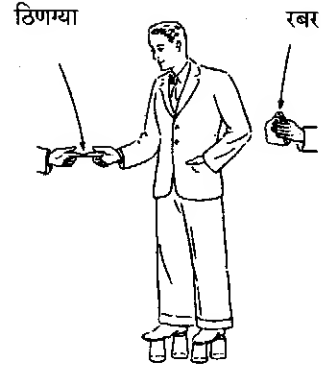
६) स्थिर विद्युत-भारित विमान



पातळ अॅल्युमिनिअमचा पत्रा कापून त्याचे एक छोटेसे विमान तयार करा. त्याच्याजवळ एक विद्युतभारित एबोनाइटची किंवा प्लॅस्टिकची कांडी आणा. प्रथम ते विमान कांडीजवळ जाते व त्यामध्ये त्याच प्रकारची विद्युत उत्पन्न होते; नंतर ते दूर उडते. या प्रतिसारणाचा उपयोग करून ते विमान वाटेल तितका वेळ व पाहिजे त्या दिशेने हवेत तरंगत ठेवता येईल.

७) घर्षणामुळे ठिणग्या

चार पाणी पिण्याचे जाड काचेचे ग्लास एकमेकांशेजारी उपडे ठेवा. ही फुलपात्रे एखाद्या धातूशेजारी (उदा; पाण्याचा नळ) असावीत. या फुलपात्रावर एखाद्याला उभे

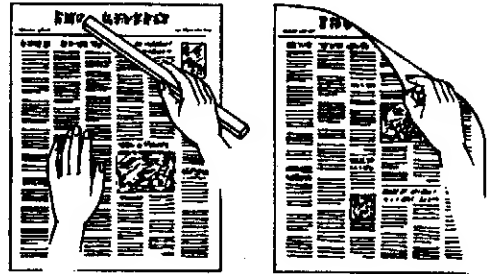


राहावयास सांगा. त्याचे कपडे लोकरीच्या तुकड्याने किंवा घडी घातलेल्या रबराने (उदा. रबरी धावरंमधील रबरी नळी किंवा शेकण्याची रबरी पिशवी) मिनिटभर घासा. नंतर त्याच्यासमोर जमिनीवर उभ्या असलेल्या मनुष्याच्या हाताच्या बोटाजवळ आपले बोट नेण्यास सांगा. हाच प्रयोग पुन्हा करून या खेपेस बोटाचा स्पर्श पाण्याच्या नळीला करावयास सांगा. काय परिणाम दिसतो ते पहा.

८) फुगा चिकटून राहतो.

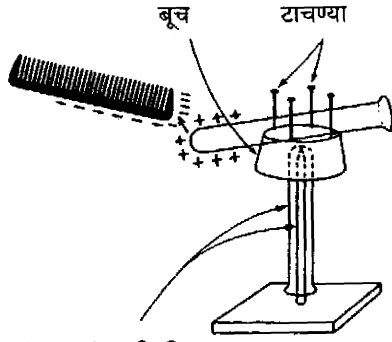
एक रबरी फुगा हवेने भरा व तो लोकरी कपड्यावर जोराने घासा. नंतर त्याचा भितीला स्पर्श करून तो सोडून द्या. तो तेथेच चिकटून राहील. फुगा तुमच्या केसांवर घासून हाच प्रयोग पुन्हा करा. नंतर कोटाच्या बाहीवर घासून पुन्हा एकदा प्रयोग करा.

९) वर्तमानपत्र भितीवर चिकटून राहते.



एक वर्तमानपत्र पसरून ते भितीवर हलकेच दाबून धरा. त्याच्या सर्व पृष्ठभागावर पेन्सिलीने अनेक वेळा घासा. आता वर्तमानपत्राचा एक कोपरा थोडासा बाहेर ओढून परत सोडून द्या. तो परत भितीला जाऊन चिकटतो. हवा अगदी कोरडी असेल तर स्थिर विद्युतचा 'चट्ट, चट्ट' असा आवाज ऐकू येईल.

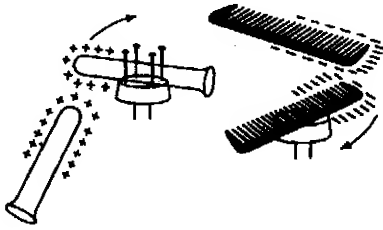
१०) स्थिर विद्युतचे दोन प्रकार असतात.



परीक्षा नळी आणि खिळा

फिरते टेबल तयार करण्याकरिता प्रथम एका लाकडी बैठकीवर एक लांब खिळा बसवा. नंतर एका मोठ्या सपाट बुचाच्या मध्यावर भोक पाहून त्यामध्ये एक परीक्षानळी बसवा. आता बैठकीवर बसविलेल्या खिळ्याचे वरचे टोक कानशीने अणकुचीदार करून त्यावर वरील परीक्षानळी उलटी बसवा. बुचाच्या वरच्या पृष्ठभागामध्ये टाचण्या बसवा. अशा प्रकारे फिरते टेबल तयार झाले. त्यावर ठेवलेल्या वस्तूला टाचण्यांमुळे आधार मिळेल. आता दोन परीक्षानळ्या किंवा काचेच्या दोन कांड्या, रेशमी कपडा किंवा मोजा, प्लॉस्टिकचे दोन कंगवे आणि केसाळ कापड किंवा फ्लॅनेलचा कपडा घ्या.

काचेची एक नळी रेशमावर घासून फिरत्या टेबलावर ठेवा. दुसरी नळी रेशमावर घासून पहिल्या नळीजवळ आणा. परिणामासंबंधी खात्री होईपर्यंत प्रयोग पुन्हा पुन्हा करून पहा.

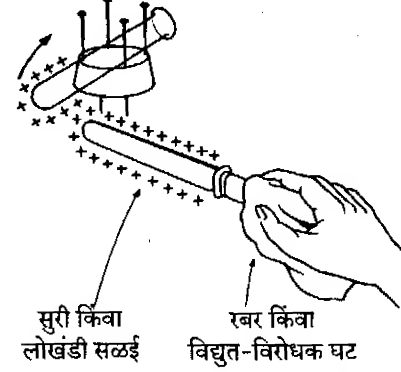


पुन्हा काचेची एक नळी रेशमावर घासून फिरत्या टेबलावर ठेवा. आता प्लॉस्टिकचा कंगवा केसाळ कातड्यावर घासून फिरत्या टेबलावरील नळीजवळ आणा. काय परिणाम होतो, त्याबद्दल खात्री होईपर्यंत प्रयोग पुन्हा पुन्हा करून पहा.

एक कंगवा केसाळ कातड्यावर घासून फिरत्या

टेबलावर ठेवा. दुसरा कंगवा केसाळ कातड्यावर घासून पहिल्या कंगव्याजवळ आणा. अनेक वेळा प्रयोग पाहून खात्री करून घ्या. आता एक फणी (कंगवा) केसाळ कातड्यावर घासून फिरत्या टेबलावर ठेवा. नंतर काचेची एक कांडी रेशमी कपड्यावर घासून या कंगव्याजवळ आणा. परिणामाची निश्चित कल्पना येईपर्यंत प्रयोग पुन्हा पुन्हा करून पहा.

केसाळ कातड्यावर प्लॉस्टिक घासले असता



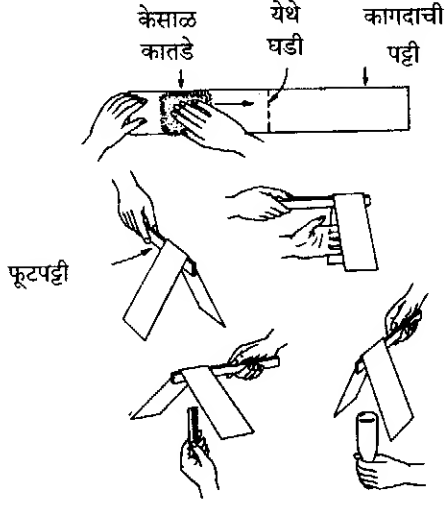
सुरी किंवा लोखंडी सळई
खर किंवा विद्युत-विरोधक घट

प्लॉस्टिमध्ये ऋण विद्युत आणि कातड्यामध्ये धन विद्युत जागृत होते. रेशमी कपड्यावर जेव्हा काचेची कांडी घासली जाते तेव्हा काचेमध्ये धन विद्युत व रेशमामध्ये ऋण विद्युत जागृत होते. वरील प्रयोगावरून असे दिसून येईल की सजातीय विद्युत एकमेकांस प्रतिसारित करतात व विजातीय विद्युत एकमेकांस आकर्षित करतात. हा विद्युतसंबंधीचा मूलभूत नियम आहे.

११) स्थिर विद्युत ओळखण्याकरिता भेंडाच्या गोळीचा दर्शक

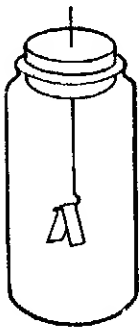
वनस्पतीच्या खोडाच्या आतील भागातील काही भेंड घ्या. ते पूर्णपणे कोरडे झाल्यानंतर त्याच्या सुमारे ५ मिलिमीटर व्यासाच्या गोळ्या तयार करा. या गोळ्यांना अॅल्युमिनिअमचा किंवा सोनेरी रंग द्या. सुमारे १५ सें.मी. लांबीच्या रेशमी दोऱ्याच्या एका टोकाला एकेक गोळी बांधा. नंतर लाकडी स्टँडला रेशमी दोऱ्याचे दुसरे टोक बांधून गोळा टांगून ठेवा. आता रेशमी किंवा लोकरी कापडावर अगर केसाळ कातड्यावर घासलेली वस्तू भेंडाच्या गोळीजवळ आणा व काय परिणाम होतो ते पहा. प्रथम गोळी आकर्षिली जाईल व नंतर प्रतिसारित होईल. भेंडाच्या या साहित्याला विद्युत दर्शक म्हणतात.

१२) वर्तमानपत्राचा विद्युत-दर्शक (इलेक्ट्रोस्कोप) तयार करणे.



सुमारे ६० सें.मी. लांब व १० सें.मी. रुंद वर्तमानपत्राची पट्टी कापून घ्या. तिच्या मध्यावर घडी पाहून तिला आकृतीत दाखविल्याप्रमाणे लाकडी पट्टीवर लोंबती ठेवा. आता ही वर्तमानपत्राची पट्टी टेबलावर पसरून तीवर लोकराच्या किंवा केसाळ कातड्याच्या तुकड्याने अनेक वेळा घासा. नंतर घडी मधील पट्टीने ही कागदाच्या पट्टीची घडी वर उचला व काय दिसून येते ते पहा. कंगवा किंवा प्लॅस्टिकची कोणतीही वस्तू लोकराच्या किंवा केसाळ कातड्यावर घासून वर्तमानपत्राच्या फाकलेल्या पानांच्यामध्ये आणा. प्रयोग पुन्हा पुन्हा करून परिणामाची खात्री करून घ्या. नंतर एक काचेची बाटली रेशमावर घासून या फाकलेल्या पानांजवळ आणा. वरीलप्रमाणेच प्रयोग बरेच वेळा करा. या प्रयोगावरून निष्कर्ष कोणता निघतो?

१३) धातूच्या वर्खाचा विद्युतदर्शक तयार करणे.

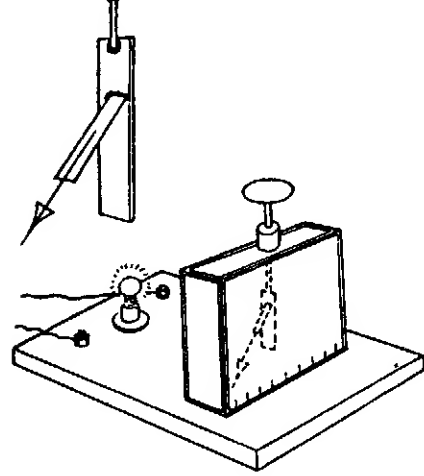


विद्युत-जागृती ओळखण्याकरिता एक काचेची बरणी, तार आणि धातूचा वर्ख किंवा कागद या वस्तू लागतील.

विद्युत निघून जाऊ नये म्हणून मेण लावलेले बूच वापरावे. या बुचामध्ये टोकाला आडवी वळविलेली ('एल' या इंग्रजी अक्षरासारखी) पितळी किंवा तांब्याची तार घुसवा व तिच्या खालच्या

टोकावर पातळ कागदाचा किंवा अॅल्युमिनिअमच्या वर्खाचा तुकडा टांगून ठेवा. नंतर हे बूच बरणीला बसवा तारेच्या वरच्या टोकाजवळ विद्युतभारित वस्तू आणली तर कागदाची पाने दूर होतात. कारण त्यामध्ये एकच प्रकारची विद्युत उत्पन्न झालेली असते. मेण लावलेल्या बुचापेक्षा विद्युत-विरोधक मेण (लाख अथवा लुकण) वापरणे जास्त सोईचे असते.

१४) छायेचा (सावलीचा) विद्युत-दर्शक तयार करणे.



खडूची किंवा सिगारची पेटी वापरून हे उपकरण तयार करता येईल. पेटीचा तळ आणि झाकण काढून टाकून त्या ठिकाणी एका बाजूला काच व दुसऱ्या बाजूला (आकृतीतील दर्शनी बाजू) तागाचे कापड किंवा कागद बसवा. पत्र्याचे कोपरे लावून काच बसविता येईल व कागद डिकाने चिकटविता येईल. पेटीच्या वरच्या बाजूस भोक पाहून त्यावर विद्युत विरोधक एबोनाइटचा किंवा अंबरचा मधोमध भोक असलेला तुकडा बसवावा. भोकामध्ये एक पितळेची दांडी, काही भाग पेटीच्या वर व काही पेटीच्या आत, अशी बसवावी. दांडीच्या वरच्या टोकाला एक धातूची तबकडी बसवावी. ती विद्युतदर्शकाची टोपी होईल. दांडीच्या आतील टोकास कथलाची लहानशी पट्टी डाक देऊन बसवावी. या पट्टीपेक्षा आखूड असा सोन्याचा किंवा अॅल्युमिनिअमच्या वर्खाचा तुकडा या पट्टीच्या वरच्या बाजूस चिकटवून टाकावा. काच ज्योतीमध्ये धरून दोऱ्यासारखी बारीक काचेची काडी तयार करा. तिच्या खालच्या टोकास बाणासारखा आकार

द्या. वरचे टोक पानाला डिकाने चिकटवा. विजेच्या दिव्याचा उजेड काचेतून आत जातो आणि पानाची व बाणाची छाया दुसऱ्या बाजूला कागदाच्या पडद्यावर दिसते. या उपकरणाचा एक फायदा असा होतो की, नेहमीच्या विद्युतदर्शकाप्रमाणे पान उलटे दिसत नाही व प्रयोग सर्व वर्गाला दिसतो. कागदावर व्होल्टच्या खुणा करून एक प्रकारची मोजपट्टी तळाशी तयार करता येईल.

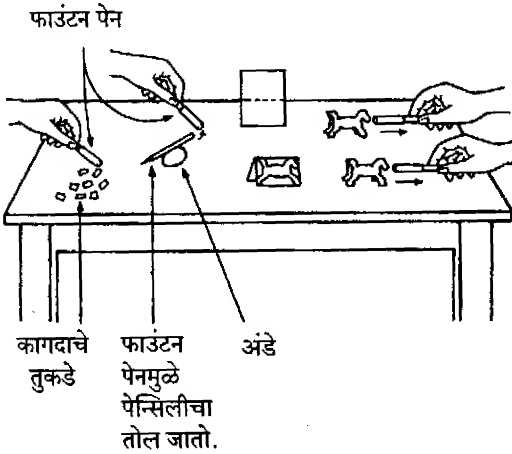
१५) चुंबन घेणाऱ्या फुग्याची गंमत

खेळण्यातला लहानसा रबरी फुगा घेऊन त्यात हवा भरा. तो सुमारे १ मीटर लांबीच्या दोऱ्याला बांधा. एक लहानशी मऊ काडी शार्डत बुडवून तिने फुग्यावर चेहेऱ्याची आकृती काढा. आता दोरी हातात धरून फुग्यांवर लोकराच्या अगर केसाळ कपड्याने घासा. नंतर दोरी सोडून द्या. फुगा निरनिराळ्या वस्तूंना स्पर्श करीत फिरेल.

१६) फुग्याचे आणखी काही गमतीदार प्रयोग

वरील प्रयोगाप्रमाणे दोन फुगे दोऱ्याला बांधा. दोन्ही फुगे लोकराच्या कापडावर घासा. दोन्ही दोऱ्यांची टोके एकत्र धरा. फुगे एकमेकांना प्रतिसारित करत असलेले दिसतील. दोन फुग्यांमध्ये हात धरा व काय होते ते पहा. एक फुगा तुमच्या तोंडाजवळ आणा. यानंतर तीन फुगे वापरून हाच प्रयोग पुन्हा करा.

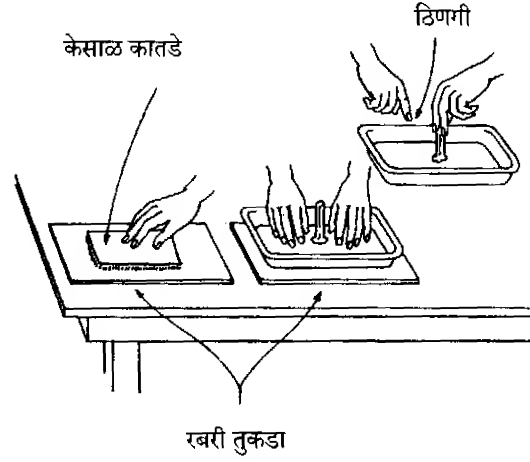
१७) घोड्यांची शर्यत



घडी घातलेल्या कागदावर लहान लहान घोडे कापून घ्या. त्यामुळे घोडे टेबलावर उभे राहतील. एक प्लॉस्टिकचा कठीण कंगवा किंवा फाउंटन पेन केसाळ कातड्यावर घासले

असता त्याच्या साहाय्याने टेबलावरील घोडे ओढून घेतले जातील. अनेक घोडे वापरून त्यांची शर्यत लावता येईल.

१८) स्थिर विद्युतपासून ठिणगी उत्पन्न करणे.

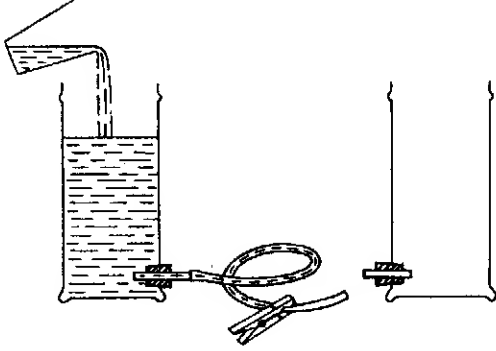


सुमारे २४ सें.मी. व्यास असलेला एक अॅल्युमिनिअमचा तुकडा घ्या. केक करण्याची अॅल्युमिनिअमची थाळीही चालेल. हा तुकडा ज्योतीवर सर्व बाजूंनी सारखा तापवा. नंतर त्याच्या मध्याला लाखेच्या कांडीचा किंवा मेणबत्तीचा स्पर्श करा. उष्णतेमुळे लाख किंवा मेण वितळले म्हणजे कांडी किंवा मेणबत्ती चिकटेल. तिचा दांड्यासारखा उपयोग होईल. दांडा मजबूत व पक्का पाहिजे असेल तर अॅल्युमिनिअमला भोक पाडून त्यामध्ये प्लॉस्टिकचा किंवा लाकडाचा तुकडा स्क्रूने उभा बसवा.

आता मोटारीच्या टायरमधील रबरी नळी (ट्यूब) टेबलावर पसरून ठेवा. या रबरावर लोकराच्या कापडाने किंवा केसाळ कातड्याने सुमारे अर्धा मिनिट जोराने घासा. नंतर अॅल्युमिनिअमचा तुकडा रबरावर ठेवून तो बोटाने जोराने दाबून धरा. बोटे बाजूला काढा व दांडा हातात धरून तुकडा वर उचला. दुसऱ्या हाताच्या बोटाने तुकड्याला स्पर्श केला असता ठिणगी उत्पन्न झालेली दिसेल. पुन्हा पुन्हा न घासताही रबरापासून अशा प्रकारे अनेक वेळा ठिणगी उत्पन्न करता येईल. रबरावर पत्रा ठेवून तो बोटाने दाबावयाचा व नंतर दांडा हातात धरून वर उचलावयाचा एवढेच करावे लागेल.

आ. साधे विद्युत-घट आणि विद्युतमंडले

१) नळीमधून पाणी कसे वाहते?



एका भांड्यांतून दुसऱ्या भांड्यांत पाणी वाहत जाण्याकरिता पाणी असलेले भांडे उंचावर असले पाहिजे, कारण पाणी उंचावरून खाली वाहत येते. दोन मोठे पत्र्याचे डबे वापरून पाणी वाहण्याचे प्रात्यक्षिक दाखविता येईल. डब्यांच्या तळाजवळ एक भोक पाडून त्यामध्ये एक छिद्र असलेले बूच बसविता येईल इतके ते मोठे करा. एका डब्याच्या बुचामध्ये रबरी नळी बसवून तिच्या टोकाजवळ कपड्याचा चिमटा लावून नळीचे तोंड बंद करा. या डब्यामध्ये पाणी भरून तो टेबलावर ठेवा. आता रबरी नळीचे दुसरे टोक दुसऱ्या डब्याच्या बुचामध्ये बसवून हा डबाही टेबलावरच ठेवा. चिमटा काढून टाका व पाणी कसे वाहत जाते ते पहा. पाणी वाहण्याचे केव्हा बंद होते?

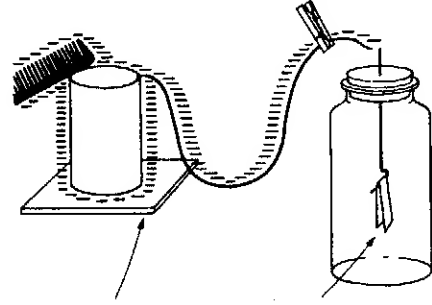
२) वाहकामधून विद्युत कशी वाहत जाते ते दाखविणे.

वरील प्रयोगाप्रमाणेच दोन पत्र्याचे डबे घ्या. दोन्ही डबे उपड्या ठेवलेल्या बशांवर ठेवा. तारेचे एक मोकळे टोक एका डब्याला पक्के बसवा. दुसऱ्या टोकाजवळ कपड्यांचा स्प्रिंगचा चिमटा बसवा. टोकाला आकडा करून तो त्याच भांड्याच्या काठावर अडकवा. आता पहिल्या विभागातील १८ व्या प्रयोगाप्रमाणे रबरी तुकड्यावर विद्युत करून त्यावर दाबून धरलेल्या धातूच्या तबकडीचा, तार जोडलेल्या डब्याला स्पर्श करा. अशा प्रकारे २५-३० वेळा स्पर्श केला म्हणजे डब्यामध्ये विद्युत साठून राहिल.

‘अ’ विभागातील ११ व्या प्रयोगात सांगितल्याप्रमाणे भेंडाचा विद्युतदर्शक तयार करून तो दुसऱ्या डब्याला जोडा. नंतर कपड्याचा चिमटा हातात धरून पहिल्या

डब्यावर अडकविलेले तारेचे टोक बाजूला काढा व ते दुसऱ्या डब्याला अडकवा. या वेळी दर्शकातील भेंडाचे निरीक्षण करा. प्रयोग बरोबर झाला तर विद्युत पहिल्या डब्याकडून दुसऱ्या डब्याकडे गेल्याचे दिसून येईल आणि ही गोष्ट भेंडाच्या हालचालींवरून सिद्ध होईल.

३) विद्युत वाहते हे दाखविणारा आणखी एक प्रयोग



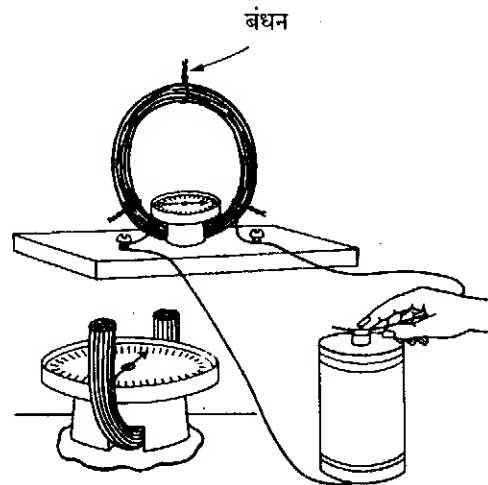
स्वच्छ काच

पाने दूर होतात.

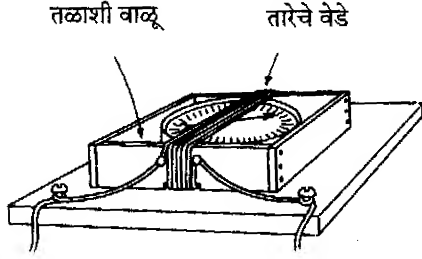
डब्याकडून विद्युत वाहत येते.

वरील दुसऱ्या प्रयोगातील तार जोडलेला पत्र्याचा डबा घ्या. तारेचे दुसरे टोक पहिल्या विभागातील १३ व्या प्रयोगात तयार केलेल्या धातूच्या पानांच्या विद्युतदर्शकाला जोडा. आता ठिणगी उत्पन्न करणारे उपकरण वापरून किंवा प्लॅस्टिकचा कंगवा लोकरीच्या कापडावर घासून विद्युत उत्पन्न करा. विद्युतदर्शकातील पानावर काय परिणाम होतो ते पहा.

४) साधे विद्युत-प्रवाह दर्शक तयार करणे.



कापूस वेष्टित तार घेऊन तिचे सुमारे ८ सें.मी. व्यास असलेल्या बरणीभोवती ५०-६० वेढे द्या व तारेचे एक वेढे तयार करा. हे वेढे बरणीवरून बाहेर काढा व सर्व तार एकत्र राहण्याकरिता त्या भोवती तारेचे तुकडे घट्ट बांधा किंवा चिकटपट्टी गुंडाळा. नंतर वेढे एका लाकडी बैठकीवर बसवा. त्याकरिता बुचाच्या एका बाजूला खोलगट भाग तयार करून त्यामध्ये हे वेढे बसवा व दोन्ही मेणाने लाकडी बैठकीला चिकटवून टाका.



बुचावर होकायंत्र असे बसवा की, त्यामधील काटा तारेला समांतर राहिल. तारेचे वेढे कोरड्या (निर्द्रव) विद्युत-घटाला जोडा व त्याचा होकायंत्रावर काय परिणाम होतो ते पहा.

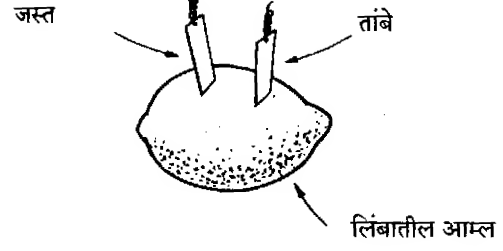
होकायंत्र बरोबर बसेल अशी सिगारपेटीच्या लाकडाची चौकट तयार करून एक जास्त सूक्ष्मग्राही यंत्र तयार करता येईल. या चौकटीमध्ये होकायंत्र ठेवा व आकृतीत दाखविल्याप्रमाणे चौकटीमध्ये सुमारे २० वेढे द्या.

५) रासायनिक शक्तीपासून विद्युत-शक्ती

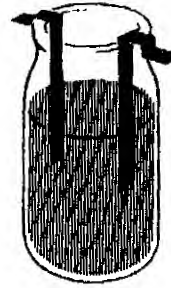
वेगवेगळ्या धातूंची दोन नाणी घ्या. ही नाणी पोलादी तारांच्या घासणीने किंवा सॅंड पेपरने स्वच्छ करा. एका जाड कागदी रुमालाची किंवा टीपकागदाची घडी तयार करा. तिचा आकार नाण्यापेक्षा जरा मोठा असावा. ही घडी मिठाच्या पाण्यात बुडवून टाका. नंतर एक नाणे घडीच्या वर ठेवा व दुसरे खाली ठेवा. ही नाणी हाताचा अंगठा व बोट यांमध्ये धरा. वरील विद्युतदर्शकाच्या तारेची टोके नाण्यावर दाबून धरा व होकायंत्रावर काय परिणाम होतो ते पहा.

६) लिंबापासून विद्युत

एक लिंबू टेबलावर ठेवा व हाताने दाबून घोळा. त्यामुळे ते मऊ होईल. नंतर निरुपयोगी झालेल्या कोरड्या विद्युतघटातील जस्ताच्या पत्र्याचा एक तुकडा व तांब्याच्या



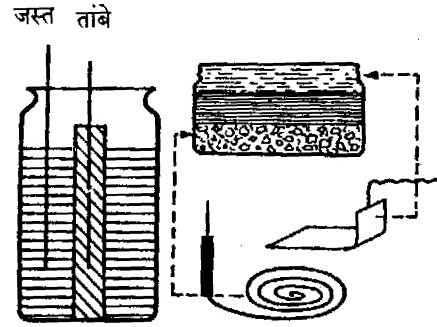
पत्र्याचा तुकडा घेऊन दोन्ही तुकडे लिंबामध्ये घुसवा. मात्र दोन्हीचा एकमेकांस स्पर्श होऊ देऊ नका. आता विद्युतदर्शकाच्या तारेचे एक टोक जस्ताच्या पत्र्याला व दुसरे तांब्याच्या पत्र्याला जोडा. त्यामुळे होकायंत्रावर काय परिणाम होतो ते पहा.



७) साधा विद्युत-घट (इलेक्ट्रिक सेल) तयार करणे.

कोरडे विद्युत-घट उपलब्ध नसतील तर साधा व्होल्टचा विद्युत-घट वापरून पुष्कळ प्रयोग करता येतील. एका काचेच्या उभट भांड्यामध्ये सौम्य गंधकाम्ल (डायल्यूट सल्फ्युरिक

अॅसिड) घेऊन त्यामध्ये जस्त व तांब्याच्या पट्ट्या बुडवून ठेवल्या की विद्युत-घट तयार झाला. मात्र तयार होणारे वायू दूर करण्याकरिता या पट्ट्या मधून मधून हलविल्या पाहिजेत. पोर्टेशिम बायक्रोमेटचे स्फटिक टाकून रासायनिक क्रियेनेही हे वायू घालविण्यास मदत होते.



८) आणखी काही साधे विद्युत-घट

बूट-पॉलिशचा किंवा मांस ठेवण्याचा उथळ डबा वापरून एक साधा डॅनिअलचा विद्युत-घट तयार करता येईल व वर्गामध्ये प्रयोग करून दाखविण्याकरिता उपयोगी

पडेल. प्रथम मोरचुदाच्या स्फटिकाचा १.५ सें.मी. जाडीचा थर डब्याच्या तळाशी घालून तो त्याच्याच सुमारे ०.५ सें.मी. द्रावणात भिजवा. नंतर तांब्याच्या तारेचे तबकडीसारखे वेटोळे घेऊन त्याच्या सुट्ट्या टोकास विद्युत-विरोधित शिशाची पट्टी जोडा. हे वेटोळे वरील थरामध्ये बुडवून ठेवा. या थरावर प्लॅस्टर-ऑफ पॅरिसचा ओलसर थर देऊन तो घट्ट होऊ द्या.

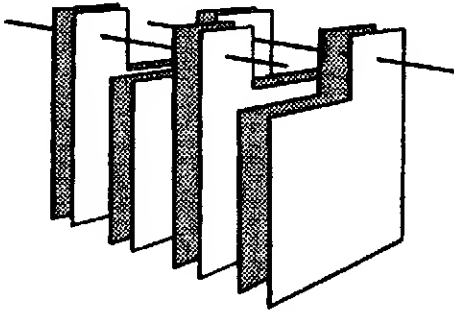
जस्ताचा पट्टीला तार जोडून ऋण ध्रुव तयार करा. डब्याचा राहिलेला भाग सौम्य गंधकाम्लाने भरून काढा. घट उपयोगात नसेल तेव्हा हे आम्ल काढून टाकावयास हरकत नाही.

काचेचे मोठे उभट भांडे आणि कार्डबोर्डची नळी वापरून मोठा विद्युत-घट तयार करता येईल व त्याचा विद्युत-प्रवाहाचा पुरवठा करण्यास चांगला उपयोग होईल.

मोरचूद व प्लॅस्टर ऑफ पॅरिस यांचे ओलसर मिश्रण तयार करून ते, काचेचे भांडे व त्याच्या मध्यावर ठेवलेली कार्डबोर्डची नळी यांच्यामधील जागेमध्ये भरा.

वरील मिश्रण घट्ट झाल्यानंतर प्लॅस्टर ऑफ पॅरिस, जस्ताचे सल्फेट आणि थोडेसे गंधकाम्ल यांचे मिश्रण तयार करून ते मधल्या कार्डबोर्डच्या नळीमध्ये ओता. दोन्ही मिश्रणे चांगली घट्ट होण्यापूर्वी बाहेरील मिश्रणात तांब्याची पट्टी व आतील मिश्रणात जस्ताची पट्टी घुसवून ठेवा. या पट्ट्या म्हणजेच ध्रुव होत.

९) साधा विद्युत-संचायक (अॅक्युमुलेटर किंवा स्टोरेज बॅटरी) तयार करणे.



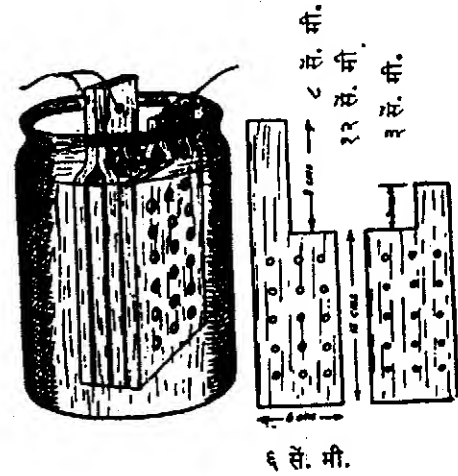
विजेच्या केबलवरील शिशाचे आवरण काढून घ्या. त्याचे ५ सें.मी. X ३ सें.मी. या मापाचे तुकडे कापून घ्या. प्रत्येक तुकड्याच्या लहान बाजूच्या एका टोकाला थोडासा भाग पुढे येईल, अशा तऱ्हेने कापा.

वरील तुकडे एकमेकांपासून वेगळे रहावे म्हणून प्रत्येक दोन तुकड्यांमध्ये ठेवण्याकरिता १.५ सें.मी. X सें.मी. या मापाचे आगपेटीच्या पातळ लाकडाचे तुकडे तयार करून घ्या.

आता केबलच्या तुकड्यांचे पुढे आलेले भाग एका आड एक येतील अशा रीतीने ते उभे करा व प्रत्येक दोन तुकड्यांमध्ये लाकडी तुकडे ठेवा.

प्रत्येक बाजूस पुढे आलेले तुकडे तांब्याच्या तारेने जोडा. अशा प्रकारे मांडणी केलेले सर्व तुकडे जसेच्या तसे सौम्य गंधकाम्लामध्ये बुडवा व त्यामधून विजेचा प्रवाह जाऊ द्या. काही मिनिटांच्या अवधीत टॉर्चमधील बल्ब उजेड देऊ शकेल इतका विद्युतचा साठा या उपकरणात होऊ शकेल. विद्युतप्रवाह चालू ठेवणे व बंद करणे अशी योजना सतत राहिली तर हा विद्युत-संचायक चांगला तयार होईल.

१०) चांगले काम देणार विद्युत-संचायक तयार करणे.



वरील प्रकारचा विद्युत-संचायक केवळ वर्गामध्ये प्रयोग करून दाखविण्याकरिता उपयोगी पडतो. चांगले काम देणार संचायक तयार करण्याकरिता जास्त जाड व मोठ्या प्लेट वापराव्या लागतात. शिवाय या प्लेटमध्ये भोके पाडून त्यामध्ये रासायनिक द्रव्ये भरतात.

सुमारे ५ मिलिमीटर जाडीचा शिशाचा पत्रा घ्या. (जुने गॅसचे किंवा पाण्याचे नळ ठोकून पत्रा तयार केला तरी चालेल.) आकृतीत दाखविलेल्या मापाप्रमाणे या पत्र्याचे तुकडे कापून घ्या व त्यांना भोके पाडा. या भोकामध्ये खालील प्रकारचे मिश्रण भरा.

धन ध्रुव

लिथार्ज- १ भाग

रेड लेड- ४ भाग

गंधकाम्ल- १ भाग

ऋण ध्रुव

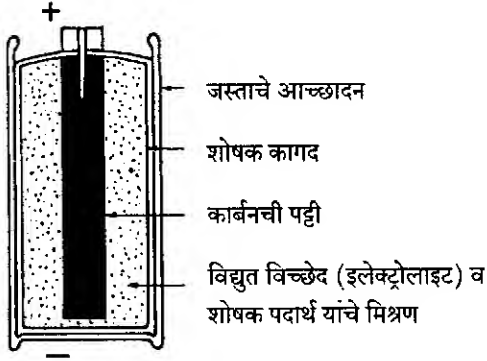
लिथार्ज- ६ भाग

गंधकाम्ल- १ भाग

प्रत्येक दोन तुकड्यांमध्ये ठेवण्याकरिता ५ मिलिमीटर जाडीचे लाकडी तुकडे कापून घ्या. त्यांनाही भोके पाडा.

प्रत्येक ध्रुवाच्या दोन पट्ट्यांमध्ये लाकडी पट्टी ठेवून रबरी पट्टीने किंवा दोन्याने एकत्र बांधून टाका. एका काचेच्या उभट भांड्यामध्ये वरील पट्ट्या ठेवून त्या जेमतेम बुडतील इतक्या उंचीपर्यंत १.५ विशिष्ट गुरूत्व असलेले गंधकाम्ल ओता. पूर्वीप्रमाणेच विद्युत प्रवाह चालू करून घट विद्युतभारित करा म्हणजे धन ध्रुव असलेल्या पट्टीला तांबडा चॉकलेटी रंग व ऋण ध्रुव असलेल्या पट्टीला फिका करडा रंग येईल.

११) कोरड्या (ड्राय) विद्युतघटाची रचना कशी असते.

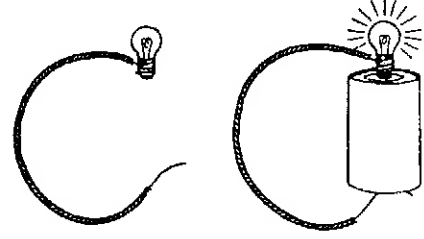


एक जुना कोरडा विद्युत घट घेऊन त्याचे बाहेरील आच्छादन काढून टाका. नंतर त्याची आंतर-रचना पाहण्याकरिता करवतीने घटाचे दोन भाग करा. मध्यावर धन ध्रुव म्हणून कार्बनची कांडी आढळेल. जस्ताचे भांडे म्हणजे ऋण ध्रुव होय. या दोन ध्रुवांमध्ये रासायनिक द्रव्ये भरलेली असतात. त्यांचा ध्रुवांवर रासायनिक परिणाम होतो. त्यामुळे जस्त झिजून कसे कमी झाले आहे ते पहा. जस्ताच्या भांड्यामध्ये रासायनिक द्रव्ये भरून गरम डांबराने पक्की बंद करून टाकली असल्याचेही तुमच्या नजरेस येईल.

१२) विद्युतमंडलामध्ये कोरड्या विद्युत-घटाचा उपयोग

टॉर्चच्या बल्बच्या तळाच्या भागाला स्कूसारखे आटे असतात. त्याभोवती लहानशा घंटेच्या तारेचे एक टोक

गुंडाला. त्यामुळे बल्ब घट्ट धरून ठेवला जाईल. तारेच्या राहिलेल्या भागाला इंग्रजी 'सी' (C) अक्षरासारखा आकार द्या. बल्बचा खालचा तळ विद्युत-घटाच्या वरच्या भागाच्या मध्यावर ठेवा. नंतर तार अशी धरा की, तिच्या स्थितिस्थापकत्वामुळे तिचे खालचे टोक घटाच्या तळाला चिकटून राहिल. जोडणी अगदी बरोबर झाली तर दिवा लागलेला दिसेल. अशा प्रकारच्या जोडणीमुळे कोणत्याही प्रकारच्या बल्बपासून उजेड मिळेल. परंतु एकाच घटाकरिता म्हणून तयार केलेल्या बल्बपासून जास्त प्रखर उजेड मिळेल.

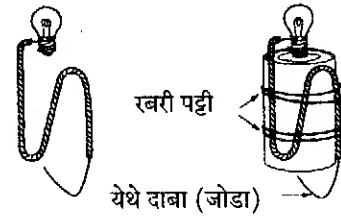


बल्बच्या आतील भागाचे निरीक्षण केले तर धातूची अगदी बारीक तार दोन जाड तारांवर आधारलेली दिसेल. ही बारीक तार वुल्फॅम या धातूची बनविलेली असते. पूर्वी या धातूला 'टंगस्टेन' म्हणत असत. या बारीक तारेमधून विद्युत-प्रवाह गेला की ती तापून लाल होते व तिच्यापासून उजेड मिळतो.

विद्युत-घट उलटा ठेवा. त्यामुळे तारेची जोडणी उलटी होईल व विद्युत प्रवाह उलट दिशेने वाहत राहिल. तरी सुद्धा बल्बपासून उजेड मिळेल.

विद्युत-घटाच्या एका टोकापासून, बल्बमधून दुसऱ्या टोकापर्यंत विद्युत-प्रवाह कसा वाहत जातो त्याची आकृती काढा. तिच्यावरून विद्युतमंडळाची कल्पना स्पष्ट करा.

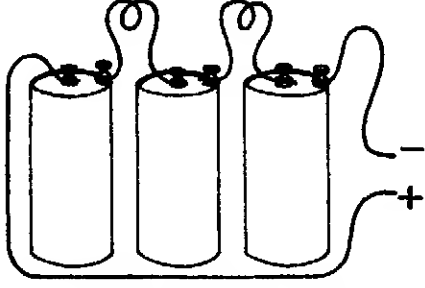
१३) बल्बपासून उजेड कसा मिळतो?



कापूस वेष्टित जाड तार वाकवून ती विद्युत-घटाच्याभोवती गुंडाळा व चिकटपट्टीने किंवा रबरपट्टीने पक्की बसवा.

बल्बच्या तळचा भाग घटाच्या वरच्या भागाच्या मध्यास चिकटून राहिल अशा रीतीने तार गुंडाळा. तारेचे दुसरे टोक घटाच्या तळाशी दाबून त्याचा स्विचप्रमाणे उपयोग करा.

१४) विद्युत-घटांची एक सरी (सेरीज) घटमाला



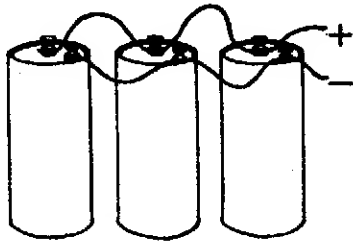
एक सरी (सेरीज) विद्युत घटमाला

आकृतीत दाखविल्याप्रमाणे तीन विद्युत-घटांची एक सरी जोडणी करा. प्रत्येक घटाचा बाहेरील ध्रुव शेजारच्या घटाच्या मध्यावरील ध्रुवाला जोडा किंवा या उलट जोडणी करा. अशा प्रकारे जोडणी केली असता एकूण विद्युत दाब तिन्ही घटांच्या दाबाच्या बेरजेइतका होईल. उदा. प्रत्येक घटाचा दाब १.५ व्होल्ट असेल तर आकृतीमधील तीन घटांचा मिळून एकूण विद्युत दाब ४.५ व्होल्ट होईल.

वरील जोडणीपासून आलेली तारेची दोन टोके तीन सेलकरिता तयार केलेल्या विजेच्या दिव्याला जोडा. नंतर एक तार मोकळी करा व विजेचा दिवा एकाच घटाला जोडा. उजेडाच्या प्रखरपणात काय फरक पडतो ते पहा.

आता दिवा दोन घटांच्या जोडणीला जोडा. उजेडात काय फरक पडतो ते पहा व त्याची एक व तीन घट वापरले असता मिळणाऱ्या उजेडाशी तुलना करा.

१५) समांतर किंवा अनेकसरी (पॅरलल) घटमाला



समांतर (पॅरलल) घटमाला

तीन विद्युत घट घ्या. प्रत्येक घटाचा मध्यावरील ध्रुव एका तारेने जोडा व बाहेरील ध्रुव दुसऱ्या तारेने जोडा. या

दोन शिशाच्या तारा एका ग्राहकाला (रिसेप्टकल) जोडा व त्यामध्ये विजेचा दिवा बसवा.

तिन्हीपैकी एक घट बाजूला काढला तरी दिव्याच्या उजेडात काही फरक पडणार नाही. तेव्हा या पद्धतीने घटाची जोडणी केली असता एकूण विद्युत-दाब एका घटाच्या विद्युत-दाबापेक्षा जास्त नसतो, हे तुमच्या लक्षात आले असेल.

घट (सेल) आणि घटमाला (बॅटरी) यांतील फरक लक्षात घ्या. घटमाला म्हणजे दोन किंवा दोहोंपेक्षा जास्त विद्युत-घटाची जोडणी होय.

१६) एक सरी घटमालेप्रमाणे दिव्यांची जोडणी



एकसरी घट मालेप्रमाणे दिव्यांची जोडणी

एक सरी घटमालेप्रमाणे तीन दिव्यांची जोडणी करून ते एकाच विद्युत-घटाला जोडा. नंतर हेच दिवे एकसर घटमालेप्रमाणे दोन व तीन विद्युत-घटांची जोडणी करून त्यास जोडा. आता एका दिव्याची तार मोकळी करून पहा. त्याबरोबर दुसरे दोन दिवेही गेल्याचे दिसून येईल. कारण विद्युतमंडळ तुटते. रोषणाईकरिता झाडांवर लावलेल्या दिव्यांच्या बाबतीत हीच गोष्ट घडते. झाडांवरील दिवे एकसर घटमालेप्रमाणे जोडलेले असतात. तेव्हा त्यापैकी एक दिवा जळला की बाकीचे सर्व दिवे जातात. कारण विद्युतमंडळ तुटलेले असते.

१७) समांतर घटमालेप्रमाणे दिव्यांनी जोडणी

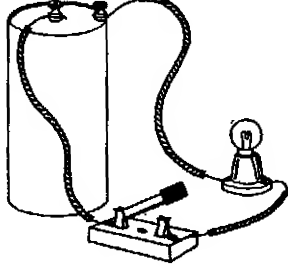


समांतर घटमालेप्रमाणे दिव्यांची जोडणी

समांतर घटमालेप्रमाणे तीन दिव्यांची जोडणी करा व ते एका विद्युत-घटाला जोडा. एका दिव्याची तार मोकळी करून पहा. त्यामुळे हा दिवा विझेल; परंतु बाकीचे दोन तसेच राहतील. पहिल्या घटाला दुसरा घट एकसर घटमालेप्रमाणे जोडून दिव्यांच्या उजेडाची प्रखरचा वाढवा.

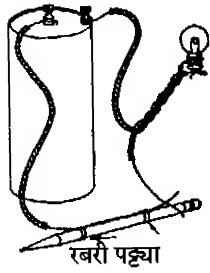
एक दिव्याची तार मोकळी करून पहा. नंतर दोन व तीन दिव्यांची तार मोकळी करून पहा.

१८) विद्युतमंडलावर ताबा ठेवण्याकरिता विजेच्या बटणाचा (स्विच) उपयोग कसा होतो?



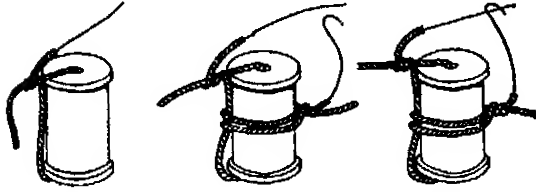
विद्युत घट व दिवा यांच्या जोडणीमुळे तयार झालेल्या विद्युतमंडलामध्ये नाइफ स्विचचा उपयोग करा. त्याचा उपयोग करून दिवा लावून पहा व घालवून पहा. दिव्याऐवजी घंटा किंवा बझर वापरा व बटणाचा उपयोग करून पहा. नाइफ स्विचऐवजी पुश-बटण स्विचचा उपयोग करून पहा. वेगवेगळ्या कारणांकरिता प्रत्येक प्रकारचा स्विच कसा उपयोगी पडतो ते पहा.

१९) विजेचा साधा स्विच तयार करणे.



एका पेन्सिलीला दोन रबरी पट्ट्यांच्या साहाय्याने तारेचे एक टोक घट्ट बांधून (आकृती पहा.) साधे विजेचे बटण तयार करता येईल. या तारेच्या टोकाखाली दुसऱ्या तारेचे टोक सारून जोडले की जोडणी पूर्ण झाली.

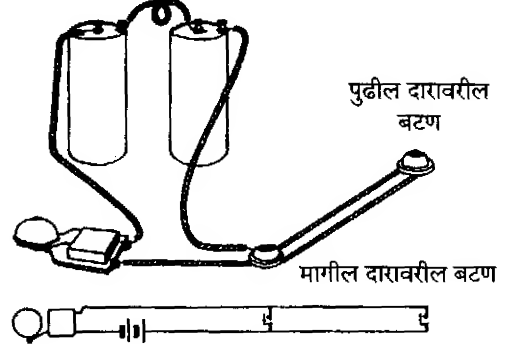
२०) आणखी एक साधा स्विच



तारेचा एक तुकडा रिळाच्या भोकांतून घालून त्याला घट्ट बांधून टाका. तारेचा दुसरा तुकडा रिळाभोवती गुंडाळा. (दुसरी आकृती पहा.)

दोन्ही तारांची मोकळी टोके अशी ठेवा की, ती केव्हाही सहज जोडता येतील व मोकळी ठेवता येतील.

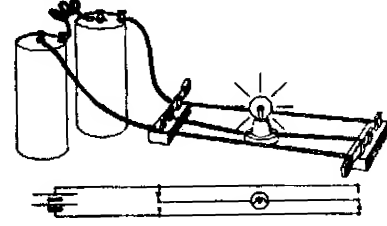
२१) दोन दाब-बटणांचा उपयोग करून दाराची घंटा कशी वाजविता येते?



दोन विद्युत घट, दोन बटणे व एक घंटा वापरून दारावरची घंटा दोन वेगवेगळ्या ठिकाणांहून (घराचे पुढील व मागील दार) कशी वाजविता येते ते दाखवा.

आकृतीत दाखविल्याप्रमाणे टेबलावर साहित्य मांडून त्याची जोडणी करा. योग्य ते संकेत वापरून विद्युतमंडळ कसे पूर्ण होते त्याची आकृती काढा.

२२) दोन स्विच वापरून दिवा कसा लावता येतो व बंद करता येतो?



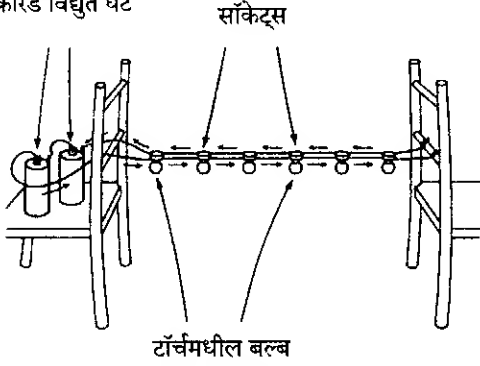
दोन दुहेरी नाइफ स्विच, दोन विद्युत्-घट व एक दिवा वापरून वरच्या किंवा खालच्या मजल्यावरून जिऱ्याचा दिवा कसा बंद करता येतो अगर लावता येतो ते दाखवा. आकृतीत दाखविल्याप्रमाणे टेबलावर साहित्याची जोडणी करा. योग्य ते संकेत वापरून विद्युतमंडळ कसे पूर्ण होते ते आकृती काढून दाखवा.

२३) रस्त्यावरील दिव्यांच्या योजनेचा एक लहानसा नमुना

सुमारे तीन मीटर लांबीचे विद्युत विरोधित तारेचे दोन तुकडे घ्या. प्रत्येक तारेच्या सहा ठिकाणचे (सारख्या अंतरावरील) वरचे आवरण काढून टाका व त्या ठिकाणी विजेचे दिवे विजेरीतील (टॉर्च) बल्ब बसविण्याची सॉकेटे

समांतर घटमाला योजनेप्रमाणे जोडा.

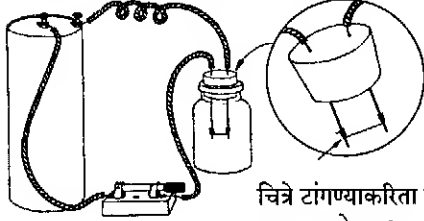
आकृतीत दाखविल्याप्रमाणे तारेची टोके दोन खुर्च्यांना बांधून टाका. एका बाजूची टोके खुर्चीला काही अंतरावर बांधा. दुसऱ्या बाजूची टोके दोन कोरड्या विद्युत-घटांना कोरडे विद्युत घट



जोडा. तारांना बांधलेल्या सॉकेटमध्ये विजेचे दिवे बसवा.

२४) विजेमुळे उष्णता व प्रकाश कसे मिळतात?

एका लहान बाटलीला बसेल असे सपाट बूच घेऊन



चित्रे टांगण्याकरिता वापरतात तसल्या तारेच्या धाग्याचा एक तुकडा

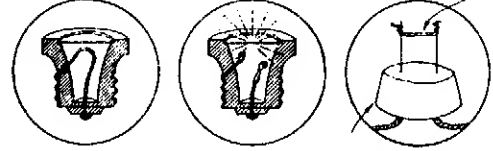
त्याला दोन भोके पाडा व त्यामधून दोन तारांची टोके घुसवून बसवा. बूच मोठे असेल तर ते कापून आपणास पाहिजे तेवढे करून घेता येईल किंवा दोन भोके असलेले रबरी बूच वापरता येईल. आता चित्रे टांगण्याकरिता वापरतात तसली तार घेऊन ती उलगडा व तिचा एक धागा कापून लहानसा तुकडा घ्या. या तुकड्याची टोके बुचामधून खाली आलेल्या तारांच्या टोकांभोवती गुंडाळा. नंतर बूच बाटलीला बसवा. अशा प्रकारे विजेच्या दिव्याचा एक नमुना तयार झाला.

एक किंवा दोन कोरडे विद्युतघट व विजेचे बटण यांच्या विद्युतमंडळामध्ये या दिव्याचा समावेश करा. आता दिव्यातील बारीक तार तापून उजळू लागेपर्यंत स्विच घ्या. नंतर बंद करा. काळजीपूर्वक प्रयोग केला तर आतील तार जळून जाईपर्यंत दिवा अनेक वेळा प्रकाश देईल. शेवटी ही तापलेली तार बाटलीत असलेल्या हवेतील प्राणवायूशी

संयोग पावून जळून जाईल. नेहमी वापरत असलेल्या विजेच्या दिव्यामध्ये प्राणवायू अजिबात नसतो, त्यामुळे त्यातील तार (बुलफ्रॅमची) इतक्या तपमानापर्यंत तापते की ती पांढरी शत्रु होते व प्रखर उजेड मिळतो. काचेचा बल्ब असल्यामुळे आतील तारेचे रक्षण होतेच शिवाय दिवा निर्धोकपणे हाताळता येतो.

२५) विद्युत्तारिणीमुळे (फ्यूज) विद्युतमंडळाचे संरक्षण कसे होते?

शिष्याच्या पत्र्याची पट्टी

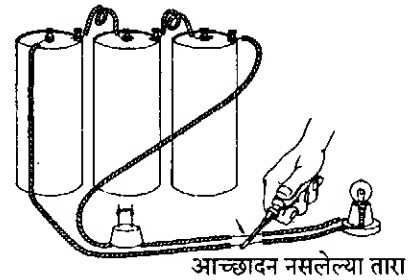


चांगल्या आणि जळून गेलेल्या फ्यूजचे (विद्युत्तारिणीचे) परीक्षण करा. विद्युतप्रवाहाचा दाब अचानक वाढला तर या विद्युत्तारिणीमुळे विद्युतमंडळाचे संरक्षण होते. अशा वेळी विद्युत्तारिणीमधील तार जळून जाते, विद्युतमंडळ तुटते व प्रवाह बंद होतो आणि त्यामुळे पुढील धोका टळतो.

खाद्य पदार्थ गुंडाळण्याकरिता वापरलेल्या धातूच्या वर्खाची एक पातळ बारीक पट्टी कापून घ्या व ती बुचातून खाली आलेल्या तारांच्या दोन टोकांना जोडा. हा विद्युत्तारिणीचा एक नमुना तयार झाला. कोरड्या विद्युतघटामध्ये त्याचा उपयोग करता येईल. वेगवेगळ्या जाडीच्या व रुंदीच्या पट्ट्या वापरून प्रयोग करा व कोणता प्रकार बरोबर काम देतो ते पहा.

२६) शॉर्ट सर्किट झाल्यामुळे विद्युत्तारिणी कशी जळून जाते?

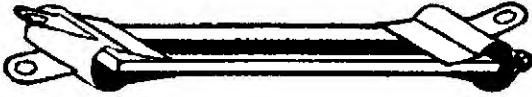
काही विद्युतघट व एक दिवा यांच्यामध्ये विद्युत्तारिणीचा नमुना जोडा. आकृतीत दाखविलेले तारांचे



आच्छादन नसलेले भाग एकमेकांस जोडून शॉर्ट सर्किट करा. त्यामुळे विद्युत्तारिणी वितळून गेली नाही तर आणखी पातळ पट्टी वापरून पहा. वेगवेगळ्या प्रकारच्या वर्खांच्या, जाडीच्या व रुंदीच्या पट्ट्या वापरून प्रयोग करून पहा. कोणत्या पट्टीमधून योग्य जोडणी केली असता प्रवाह वाहू शकतो व शॉर्ट सर्किट झाले असता ती जळून जाते ते शोधून काढा.

२७) विद्युत्तारिणीचा आधार तयार करणे.

विद्युत्तारिणीसंबंधीचे प्रयोग करण्याकरिता सिगारेटच्या पेटीतील किंवा इतर प्रकारचे पॅकिंग करण्याकरिता



वापरलेले कथलाचे अगदी पातळ कागद चांगले उपयोगी पडतात. या कागदाच्या पट्ट्या कापून त्या चिकटपट्टीवर चिकटवल्या म्हणजे ताठ व सपाट राहू शकतात.

धातूचे वर्ख कागदावर चिकटवून या प्रयोगाकरिता वापरता येतील. हे कागद कात्रीने कमी-जास्त लांबीचे व जाडीचे कापून घेता येतात.

लाकडाच्या फळीवर किंवा मोजपट्टीवर वरील पट्ट्यांची टोके मोठ्या चिमट्याने धरून ठेवता येतील. नंतर त्याचा विद्युतमंडळाच्या जोडणीमध्ये समावेश करता येईल. वेगवेगळ्या लांबीच्या व रुंदीच्या पट्ट्या उपयोगात आणून त्यापैकी फ्यूज म्हणून योग्य पट्टी कोणती ते ठरविता येईल.

२८) उष्णमानावर विद्युत-विरोध अवलंबून असतो.

सुमारे २ मीटर लांबीची बारीक तार घ्या. साधा

विजेरीतील घट व दिवा यांमध्ये ह्या तारेची गुंडाळी (कॉइल) जोडा. तार आगकाडीने तापवा. तार तापत जाईल तसतसा विद्युत विरोध वाढत जाईल. त्यामुळे दिव्याचा प्रकाश कमी कमी होत जाईल.

२९) विद्युत प्रवाहाने तांब्याचा मुलामा कसा देतात?

कोणत्याही लोखंडी सामानाच्या किंवा औषधाच्या दुकानातून मोरचूद (ब्ल्यू व्हिट्रिऑल) आणा. एका काचेच्या भांड्यात पाणी घेऊन त्यास गडद निळा रंग येईल, इतका मोरचूद त्यात विरघळवा. एका कोरड्या



कोरडा विद्युत घट लोखंडी खिळा मोरचुदाचे द्रावण तांब्याची पट्टी

विद्युतघटाच्या धन ध्रुवास (मध्यावरील स्क्रू) जोडलेल्या तारेचे टोक तांब्याच्या तुकड्याला जोडा व तो तुकडा वरील द्रावणात सोडा. घटाच्या ऋण ध्रुवाच्या (बाजूस असलेला स्क्रू) तारेचे टोक एका खिळ्याला जोडून तो खिळाही द्रावणात सोडा. मात्र खिळ्यावरील गंज व तेलकटपणा काढून तो स्वच्छ केलेला असावा व त्याचा तांब्याच्या तुकड्याला स्पर्श होऊ देऊ नये. प्रवाह सुरू झाल्यानंतर थोड्या वेळाने खिळ्यावर तांब्याचा थर चढलेला दिसेल. इतर धातूंचे पदार्थही ऋण ध्रुवाला जोडून द्रावणात सोडले तर त्यावरही थर बसलेला दिसेल.

इ. चुंबकत्व आणि विद्युत्शक्ती

१) विजेची साधी उपकरणे तयार करण्याकरिता लागणारे साहित्य

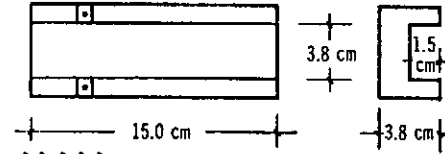
विद्युत्-शास्त्राच्या प्रयोगात विद्युत चुंबक, विजेची बटणे (स्विच) इत्यादीसारखी साधी विजेची उपकरणे वारंवार वापरावी लागतात. त्यातील सुटे भाग बरेचसे सारखेच असतात. तेव्हा त्यांचे काही संच तयार करून हाताशी ठेवणे सोयीचे असते. त्यांचा उपयोग निरनिराळ्या तऱ्हेने हवा तेव्हा करता येईल. खालील प्रकारचे साहित्याचे वेगवेगळे सुटे भाग तयार असले म्हणजे सुमारे ११ ते १३

वर्षांपर्यंतची मुले केवळ चाकूच्या साहाय्याने हे भाग जोडून एखादे उपकरण तयार करू शकतील. मात्र या ठिकाणी दिलेली उपकरणे अगदी डोळे मिटून वापरण्यासारखी आहेत, असे समजू नये. प्रत्यक्ष उपकरण तयार करित असता जे काही अनुभव व अडचणी येतील त्यावरून विद्यार्थ्यांना विषयाची खरी ओळख होईल. विचार न करता नुसते दिल्याप्रमाणे करित जाण्याने ते साधणार नाही. संदेश पाठविण्याचा तारायंत्राचा नमुना (मॉर्स पद्धत), विद्युत घंटा, गुंजक (बझर), विद्युतचुंबक, विद्युतमापक इत्यादी

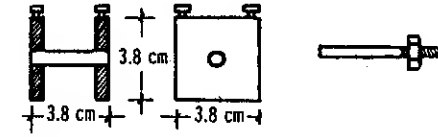
प्रकारची उपकरणे तयार करण्याकरिता पुढीलप्रमाणे साहित्य लागेल. खाच असलेला एक लहानसा चौकोनी लाकडी पाट (सर्व प्रयोगांत याचा बैठकीसारखा उपयोग होईल); तार गुंडाळण्याकरिता पाटाच्या खाचेत बरोबर बसतील अशी चौरस टोके असलेली रिळे; तारांची टोके जोडण्याकरिता स्क्रू (टर्मिनल); तारांचे तुकडे; पत्र्याचे तुकडे; वगैरे.

तारेचे वेटोळे तयार करण्याकरिता दोन चौकोनी आकाराच्या लाकडी फळ्या घेऊन त्यांच्या मध्यावर भोके

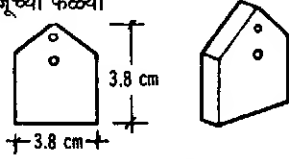
खाचेची बैठक



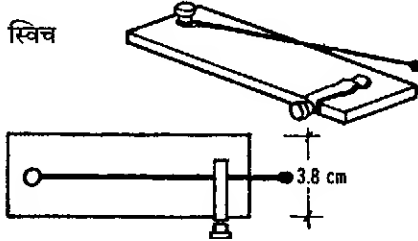
तारेचे वेटोळे



बाजूच्या फळ्या



स्विच



पाडा. या भोकामध्ये कार्डबोर्डची नळी बसवून ती चिकटवून टाका.

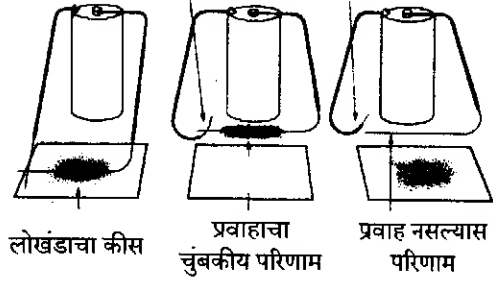
एक जुना मोठा बोल्ट घेऊन त्याचे डोके कापून टाकले म्हणजे त्याचा लोखंडी कोरसारखा उपयोग होईल.

२) विद्युत प्रवाहामुळे चुंबकत्व उत्पन्न होते.

तांब्याच्या तारेचे दोन तुकडे घेऊन त्यांच्या टोकाजवळचे आवरण काढून टाका. प्रत्येक तारेचे एक टोक कोरड्या विद्युत-घटाला जोडा व दुसरी टोके आकृतीत दाखविल्याप्रमाणे मोकळी ठेवा. आता एका कागदावर

प्रवाह चालू

प्रवाह बंद

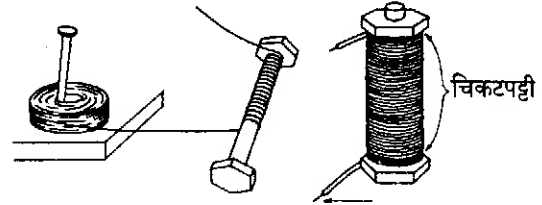


लोखंडाचा कीस घेऊन त्यामध्ये तारेचे एक मोकळे टोक घुसवून ठेवा. विद्युत प्रवाह चालू करून हे टोक वर उचलून पहा. त्यास लोखंडाचा कीस चिकटलेला दिसेल. विद्युत प्रवाह बंद करा. तारेला चिकटलेले लोखंडी कण खाली पडतील. विद्युत घटाची जोडणी फार वेळ तशीच ठेवू नका. कारण त्यामुळे घटातील विद्युत संचय लवकर खलास होईल व तो निरुपयोगी होईल.

३) विद्युत प्रवाहाचा चुंबकीय परिणाम दाखविण्याचा आणखी एक प्रयोग

वरीलप्रमाणेच प्रयोग करा. मात्र लोखंडी किंसाऐवजी होकायंत्राचा उपयोग करा. होकायंत्र तारेच्या खाली आणि वर धरले असता काट्याच्या हालचालीत कोणता फरक दिसून येतो त्याचे निरीक्षण करा.

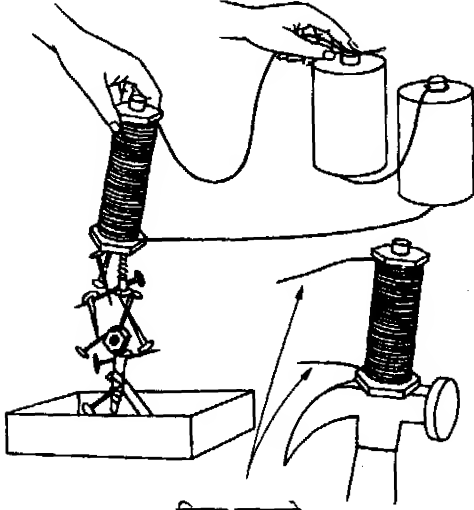
४) लोखंडी बोल्टाचा विद्युत चुंबक तयार करणे.



वेष्टन काढून टाकलेली तार

एक नट आणि दोन वॉशर्स असलेला सुमारे ५ सें.मी. लांबीचा एक लोखंडी बोल्ट घ्या. त्याच्या प्रत्येक टोकाशी वॉशर बसवून त्यावर नट बसवा. विद्युत विरोधित केलेली एक तार घ्या. तिची ३० सें.मी. लांबी मोकळी सोडून ती बोल्टभोवती दोन वॉशर्सच्या मधल्या भागाला गुंडाळण्यास सुरुवात करा. सर्व भागांभोवती अनेक वेढे दिल्यानंतर शेवटी ३० सें.मी. लांबीची तार मोकळी ठेवा व पुढील भाग कापून टाका. दोन्ही बाजूची मोकळी राहिलेली तारेची

टोके पिरगळून घ्या. नंतर बोल्टच्या वरच्या आणि खालच्या भागाला तारेच्या वेटाळ्याभोवती थोडी चिकटपट्टी बसवा म्हणजे गुंडाळलेली तार सुटणार नाही. आता तारेच्या दोन्ही बाजूच्या टोकांवरील आवरण काढून टाका व ती टोके एकसर घटमालेप्रमाणे जोडलेल्या दोन

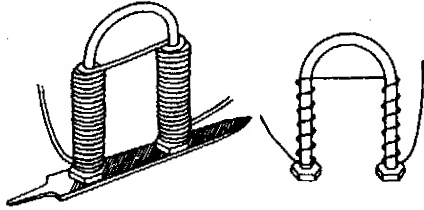


विद्युत घटाकडे

कोरड्या विद्युतघटांना जोडा. प्रवाह सुरू झाल्याबरोबर बोल्टने टाचण्या व खिळे उचलण्याचा प्रयत्न करा. या वस्तू चिकटल्या असतानाच प्रवाह बंद करून पहा.

लोखंडाच्या व पोलादाच्या इतर वस्तूही उचलून पहा. तसेच प्रवाह चालू असताना बोल्टच्या प्रत्येक टोकाशी कोणत्या ध्रुवाचे गुणधर्म दिसून येतात ते होकायंत्राच्या साहाय्याने निश्चित करा.

५) नालाच्या आकाराचा विद्युत चुंबक तयार करणे.



एक बारीक जाडीचा लोखंडी बोल्ट किंवा सुमारे ३० सें.मी. लांब, ५ मि.मी. व्यास असलेली एक लोखंडी सळई घ्या. ती वाकवून तिला इंग्रजी 'यू' (U) अक्षरासारखा आकार द्या. त्याचा वक्र भाग मोकळा ठेवून दोन्ही लांबट भुजांभोवती तार गुंडाळा. सुमारे ३० सें.मी. लांबीची तार

मोकळी ठेवून प्रथम पहिल्या भुजेभोवती टोकाकडून तार गुंडाळित नेऊन तीन थर द्या. नंतर तार दुसऱ्या भुजेकडे नेऊन तिच्यावरही तीन थर होतील असे तारेचे वेढे द्या. शेवटी सुमारे ३० सें.मी. लांबीची तार मोकळी सोडा. आकृतीत दाखविल्याप्रमाणेच तार गुंडाळण्याची दिशा ठेवण्याची खबरदारी घ्या. गुंडाळून झाल्यानंतर तार सुटू नये म्हणून चिकटपट्टी लावून टाका. तारेच्या टोकांकडील भागावरचे आवरण काढून टाका व ती टोके विद्युत घटाला जोडा. प्रवाह सुरू झाल्यावर प्रत्येक टोकाशी कोणता ध्रुव उत्पन्न होतो ते पहा. एक टोक उत्तर ध्रुव व दुसरे दक्षिण ध्रुव असले पाहिजे. जर दोन्ही टोकांशी एकाच ध्रुवाचे गुणधर्म दिसून आले, तर दुसऱ्या भुजेभोवती तार बरोबर गुंडाळली नाही असा अर्थ होतो. तेव्हा ती तार उलाडून पुन्हा उलट दिशेने गुंडाळा.

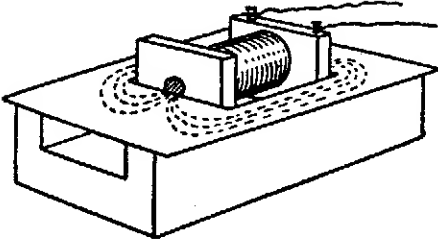
या चुंबकाने वेगवेगळ्या वस्तू उचलून पहा. या चुंबकाच्या शक्तीची तुम्ही पूर्वी तयार केलेल्या सरळ चुंबकाच्या शक्तीशी तुलना करा.

६) विद्युतचुंबकाची शक्ती कशामुळे वाढते?

एका सरळ लोखंडी बोल्टाभोवती आच्छादित तारेचे शंभर वेढे द्या व तारेची टोके एका कोरड्या विद्युत घटाला जोडून विद्युतप्रवाह सुरू करा. त्यामुळे तयार झालेला विद्युतचुंबक (बोल्ट) किती चुका/खिळे उचलू शकतो ते पहा. तीन वेळा प्रयोग करून पहा व उचललेल्या चुकांची सरासरी संख्या काढा. आता एकाऐवजी दोन विद्युतघट वापरून हाच प्रयोग पुन्हा करा व किती चुका उचलल्या जातात ते पहा. यावरून विद्युतप्रवाहाचा जोर वाढवला असता उत्पन्न होणाऱ्या चुंबकशक्तीवर त्याचा काय परिणाम होतो, यासंबंधी निष्कर्ष काढा.

आता त्याच बोल्टभोवती तारेचे आणखी शंभर वेढे त्याच दिशेने देऊन तारेची टोके एकाच विद्युतघटाला जोडा व विद्युतचुंबक किती चुका/खिळे उचलतो ते पहा. पहिल्याप्रमाणे तीन वेळा प्रयोग करून सरासरी संख्या काढा. या संख्येची पहिल्या संख्येशी (म्हणजे १०० वेढे व एकच घट) तुलना करा. त्यावरून तारेचे वेढे वाढविले असता त्याचा चुंबक-शक्तीवर काय परिणाम होतो ते सांगा. वरील प्रयोगावरून विद्युतचुंबकाची शक्ती कशी वाढविता येईल त्या संबंधीची माहिती लिहा.

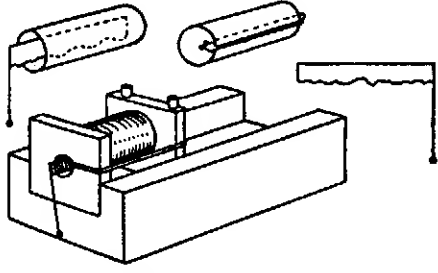
७) चुंबक क्षेत्राचा अभ्यास करणे.



याच विभागातील पहिल्या प्रयोगात तयार केलेले साहित्य उपयोगात आणा.

पोस्टकार्डाला चौरसाकृती भोक पाडून त्यामध्ये तारेचे वेटोळे बसविता येईल. कार्डाचा उपयोग ट्रेप्रमाणेही होईल. विद्युतप्रवाह सुरू केल्यानंतर वेटोळ्याभोवती लोखंडी किंसाची मांडणी कशी होते त्याचे निरीक्षण करावे. तारेची कमी जास्त वेटोळी व वेगवेगळे मधील भाग (कोअर) घेऊन मांडणीचे नकाशे कसे तयार होतात ते पहावे.

८) विद्युत प्रवाहमापक (प्रतिसारण दर्शविणारा) तयार करणे.



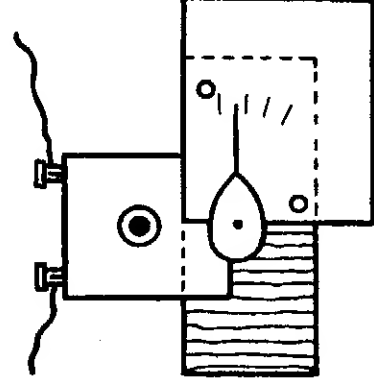
याच विभागातील पहिल्या प्रयोगात तयार केलेल्या साहित्याचा उपयोग करा.

१ सें.मी ५ सें.मी. या मापाचा डब्याच्या पत्र्याचा एक तुकडा घ्या. एक तार घेऊन तिचे एक टोक त्याच्या कडेला डाकाने पक्के बसवा व दुसरे टोक मोकळे सोडा. या टोकाच्या हालचालींवरून मोजमाप करता येईल. या मोकळ्या टोकाशी डाकाचा एक गोळा लावला म्हणजे त्याच्या वजनाने मापकाला स्थिरता प्राप्त होईल.

विद्युतप्रवाह सुरू केल्याबरोबर वेटोळ्याभोवती चुंबक क्षेत्र उत्पन्न होते. स्थिर व हलत्या भागामध्ये एका दिशेने चुंबकत्व उत्पन्न होते व त्यामुळे प्रतिसारण होते. स्थिर भाग म्हणजे रबरी पट्टीने धरून ठेवलेली मऊ लोखंडाची

तार. तार कशी व कोणत्या धातूची असेल त्याप्रमाणे ०.५ ऑपिअरपर्यंत विद्युतप्रवाह दाखविला जाईल.

९) विद्युत प्रवाहमापक (आकर्षण दर्शविणारा) तयार करणे.



याच विभागातील पहिल्या प्रयोगात तयार केलेल्या साहित्याचा उपयोग करा.

ह्या साधनाकरिता लाकडी बैठक एका बाजूवर उभी करून तारेचे वेटोळे पूर्वीप्रमाणेच बसवावे. लोहमध्ये (लोखंडी कोअर) आत सरकवावा. पाटाच्या खालच्या टोकाला एक खिळा बसवून त्यामध्ये पेअर (पेरूसारख्या) फळाच्या आकाराचा (लंबवर्तुळासारखा) पत्र्याचा एक तुकडा बसवावा. या पत्र्याच्या वरच्या टोकास टोकदार बारीक तार डाक देऊन बसविली म्हणजे तिचा दर्शक म्हणून उपयोग होईल. या दर्शकाखाली खुणा केलेल्या कार्डाचा तुकडा टाचण्यांनी बसवावा. विद्युतप्रवाह सुरू केला की, पत्रा आकर्षिला जाऊन दर्शकाची हालचाल दिसते.

पहिल्या प्रयोगात दिलेल्या साहित्याचा उपयोग करून तयार करता येतील, अशा प्रकारच्या साधनांची ही काही उदाहरणे आहेत. बारा वर्षांच्या मुलाला आणखी पुष्कळ साधने तयार करता येतील. उदा; विजेचा सिग्नल, (इशान्याचे दिवे) सकिंग बार, रीले वगैरे.

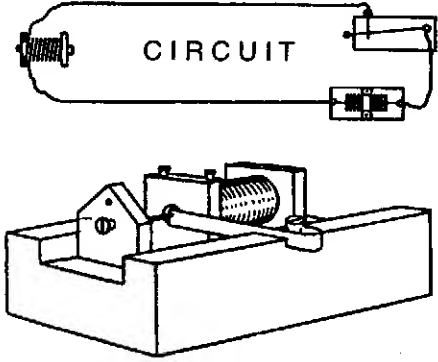
१०) तारायंत्राची किल्ली व ध्वनि-उत्पादक (साउंडर) तयार करणे.

याच विभागातील पहिल्या प्रयोगात तयार केलेल्या साहित्याचा उपयोग करा.

तांब्याची तार गुंडाळून एक वेटोळे तयार करा. तारांची टोके वेटोळ्याच्या दोन्ही टर्मिनल स्कूना बसवा.

हे वेटोळे खोबणीमध्ये दाबून बसवा व लोखंडाचा भाग आत सरकवा. जरूर तर कागदाच्या तुकड्याची पाचर घालून हा लोखंडी भाग अगदी घट्ट बसवा.

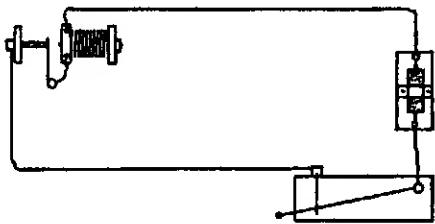
विद्युतमंडल



लाकडी पाटाच्या कडेला करवतीने खाचा पाडा व त्यामध्ये सुमारे १० सें.मी. लांबीची पत्र्याची पट्टी बसवा. तिचे टोक टर्मिनल स्कूने पक्के बसवा. दुसरे टोक वेटोळ्याच्या कोअरजवळ येईल. कडेची एक फळी उभी करून तिच्या खालच्या भोकात एक टर्मिनल स्कू बसवा. त्याचा साउंडर म्हणून उपयोग होईल.

बटण दाबून विद्युतप्रवाह सुरू केला असता वेटोळ्यामध्ये चुंबकत्व उत्पन्न होते. त्यामुळे पत्रा आकर्षून घेतला जातो व वेटोळ्यातील लोखंडावर आपटून 'क्लिक' (कट्ट) असा आवाज निघतो. बटण मोकळे सोडले की पत्रा स्प्रिंगप्रमाणे दूर होऊन कडेच्या फळीतील टर्मिनलवर आपटतो व 'क्लॉक' (कड) असा आवाज उत्पन्न होतो.

११) विद्युत-गुंजक (इलेक्ट्रिक बझर*) तयार करणे.

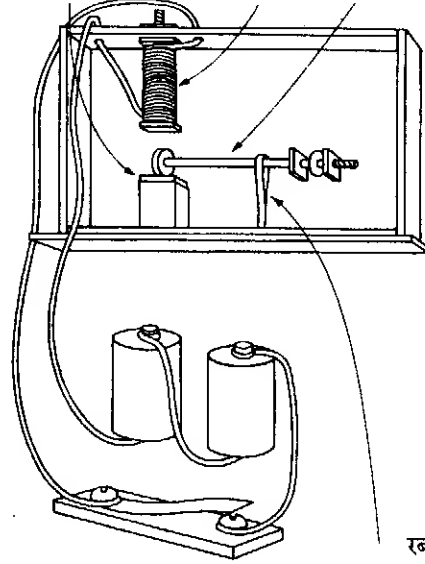


याच विभागातील पहिल्या प्रयोगात तयार केलेले साहित्य उपयोगात आणा.

विद्युतमंडळाच्या रचनेमध्ये थोडासा फेरबदल केला की, ध्वनिउत्पादकाचे गुंजकामध्ये रूपांतर होऊ शकते. टर्मिनलचे टोक व त्याला लागणार पत्र्याचा भाग लवकर खराब होतात. अशा वेळी ते चाकूने खरडावे लागतात.

१२) सिगार पेटीचा उपयोग करून तारायंत्र व चावी (किंवा विजेचे बटण) तयार करणे.

काच चुंबक-वेटोळे पोलादी पट्टी (आर्मचर)



सुमारे ६.५ सें.मी. मापाच्या बोल्टभोवती तारेचे ७५ ते १०० वेढे दिले म्हणजे वेटोळे तयार झाले. या बोल्टच्या पेचाकडील बाजू, दोन फिरक्या व पेटीची जाडी बसेल इतकी मोकळी ठेवा. त्यामुळे वेटोळे पेटीला पक्के बसविता येईल. ५ मि. मी. व्यास व १० सें.मी. लांबी असलेला गोल डोक्याचा बोल्ट आर्मचर म्हणून वापरता येईल. गोल डोके वेटोळ्याच्या बरोबर खाली येईल अशा तऱ्हेने दोन फिरक्यांचा व स्कू आयचा (टोकाला नेढे असलेला स्कू) उपयोग करून बसवा. एका लाकडी ठोकळ्यावर तावदानी काचेचा लहानसा तुकडा बसवून त्याचा उपयोग ऐरणीसारखा करावा. पेटीमध्ये वेटोळ्याच्या खाली तळाशी ही ऐरण बसवा. दोन्ही ठिकाणी चिकटविण्याकरिता पातळ लाखेचा उपयोग होईल. आर्मचर व ऐरण यामधील अंतर निदान ३ मि. मीटर किंवा त्यापेक्षा किंचित जास्त एवढेच

(* टीप - हे उपकरण तारायंत्राप्रमाणेच असते; परंतु तारायंत्रात बटन टॅप, टॅप करावे लागते, बझरच्या बाबतीत बटण दाबले म्हणजे विद्युतप्रवाह जोडला-तोडला जाऊन बझर असा आवाज निघतो.)

असावे. वेटोळ्यातून विद्युतप्रवाह वाहण्याचे बंद झाले तरी बोल्टचे डोके त्यास चिकटून राहण्याचा संभव असतो. ते टोक ओढून घेण्याकरिता स्प्रिंगची जरूरी असते. त्याकरिता रबरी पट्टीचा उपयोग चांगला होईल. हे रबर पट्टीवरून घेऊन पट्टीच्या तळाशी अंगठ्याने दाबण्याच्या टेकसने बसवून टाका. पट्टी चुंबकास चिकटून राहणार नाही एवढ्याच प्रमाणात रबराला ताण द्या.

आता चावी किंवा विजेचे बटण तयार करावयाचे आहे. त्याकरिता १५.५ सें.मी. लांब, ८ सें.मी. रुंद व ०.५ सें.मी. जाड अशी फळी घ्या. तसेच १३ सें.मी लांब व २.५ सें.मी. रुंद अशी धातूची एक पट्टी घ्या. या पट्टीवरील रोगण किंवा डाग काढण्याकरिता ती सँडपेपरने किंवा पोलादी धाग्यांच्या घासणीने चांगली घासा, पट्टी ऐवजी घड्याळातील स्प्रिंगचा तुकडा वापरला तरी चालेल. एक मोठी चूक व हातोडी वापरून भोके पाडता येतील. फळीच्या एका टोकाला स्कू बसवा. दुसऱ्या टोकाला धातूच्या पट्टीचे एक टोक स्कूने बसवा. पट्टीचे दुसरे टोक स्कूवर दाबले म्हणजे जोडणी पूर्ण होईल.

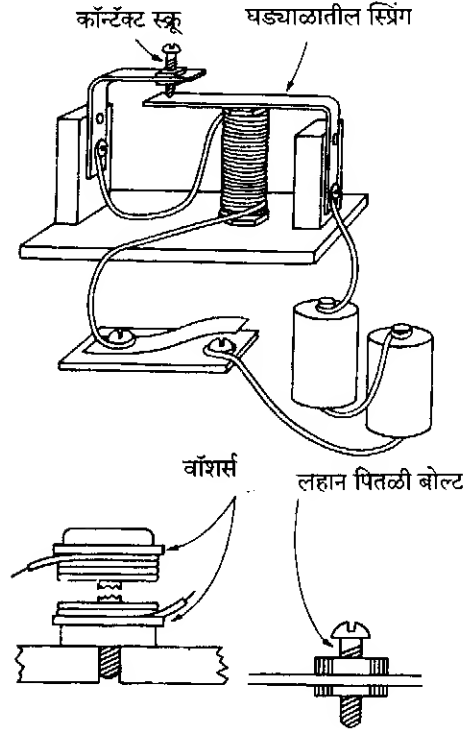
आकृतीत दाखविल्याप्रमाणे तारायंत्र, बटण व दोन विद्युतघट (एकसरमाला) जोडा. आता निरोप पाठवण्याची तयारी झाली. बटण दाबले असता आवाज (क्लिक) उत्पन्न झाले नाहीत तर जोडणी बरोबर झाली नाही किंवा रबरी पट्टी बरोबर बसली नाही असे समजावे. त्याप्रमाणे जरूर ती योजना करावी.

१३) गुंजक तयार करण्याची दुसरी पद्धत

तारायंत्राप्रमाणेच गुंजक (बझर) हे एक उपकरण असते. मात्र तारायंत्रामध्ये कट कट (क्लिक) असा तुटक आवाज होतो, तर गुंजकामध्ये बझर असा सलग आवाज येतो. या यंत्रामध्ये बटण दाबले असता एका सेकंदात अनेक वेळा प्रवाह जोडण्याची व तोडण्याची क्रिया आपोआप होते बटण दाबले असता वेटोळ्यासमोरील पोलादी पट्टी जोराने कंप पावत राहते व 'बझर' असा आवाज होत राहतो. रेडिओ संदेशात असाच आवाज होत असल्यामुळे रेडिओ संकेत शिकण्याचे ज्ञान मिळविण्याकरिता तारायंत्राऐवजी या बझरचा उपयोग होतो.

या यंत्राच्या बैठकीकरिता १५.५ सें.मी. x १३ सें.मी. या मापाची एक फळी घ्या. त्यावर उभे बसविण्याकरिता

५x५ सें.मी. व ७.५x५ सें.मी. या मापाच्या दोन लाकडी फळ्या घ्या. बैठकीच्या एका कडेपासून ६.५ सें.मी. आत चुंबक-वेटोळे बसविण्याकरिता बोल्टपेक्षा थोडेसे लहान भोक पाडा. आता ८ सें.मी. x ४ मि.मी. या मापाच्या बोल्टभोवती तारेचे १०० वेढे व्यवस्थितपणे गुंडाळा. मात्र



दोन्ही बाजूंना सुमारे ४५ सें.मी लांबीची तार मोकळी सोडा. तसेच बोल्टचा १.५ सें.मी. पेच असलेला भाग मोकळा सोडा व तार करून ठेवण्याकरिता वॉशर्स व फिरकी बसवा. तार उलगडू नये म्हणून ती दोन्ही टोकांना बांधून टाका किंवा तीवर चिकटपट्टी बसवा. अशा प्रकारे तयार केलेले वेटोळे फळीवरील भोकामध्ये पेच पिळून उभे बसवा.

कंप पावणारी पट्टी तयार करण्याकरिता १०.५ सें.मी. लांब व २ सें.मी. रुंद अशी पातळ लोखंडी पट्टी घेऊन ती काटकोनात वाकवा. तिची एक बाजू ७.५ सें.मी. लांब रहावी. पट्टीऐवजी घड्याळातील स्प्रिंग वापरली तर उत्तमच. ती तांबडी होईपर्यंत तापवून हळू हळू थंड होऊ दिली म्हणजे मऊ होईल. पट्टीची आखूड बाजू लाकडी टोकळ्याच्या बाजूवर कडेपर्यंत ठेवून तीवर एक मोठा खिळा हातोडीने ठोकून दोन भोके पाडा. नंतर त्यामध्ये स्कू फिरवून पट्टी

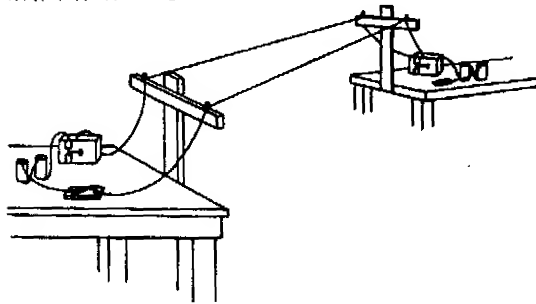
ठोकळ्यावर पक्की बसवा. ठोकळा खालच्या फळीवर खिळ्याने बसवा. या वेळी पट्टीची दुसरी लांब बाजू वेदोळ्यावर ३ मि.मी. पेक्षा जास्त उंच राहणार नाही अशी काळजी घ्यावी. थोडी कमी-जास्त असल्यास पट्टी वाकवून अंतर जरूर तितके जमवून घेता येईल.

स्पर्श करणारा (कॉन्टॅक्ट) स्क्रू तयार करण्याकरिता एक २.५ सें.मी. x ६ मि.मी. मापाचा पितळी बोल्ट, त्यावर बसविण्याकरिता दोन फिरक्या व ५ सें.मी. मापाचा अँगल आर्यन घ्या. अँगल आर्यनच्या एका भोकामध्ये पितळी बोल्ट बसवा. नंतर हा अँगल आर्यनच्या एका भोकामध्ये पितळी बोल्ट बसवा. नंतर हा अँगल आर्यन ७.५ सें.मी. x ५ सें.मी. मापाच्या लाकडी ठोकळ्यावर असा बसवा की आर्यनची आडवी बाजू कंप पावणाऱ्या पट्टीच्या वर १.५ सें.मी. अंतरावर येईल.

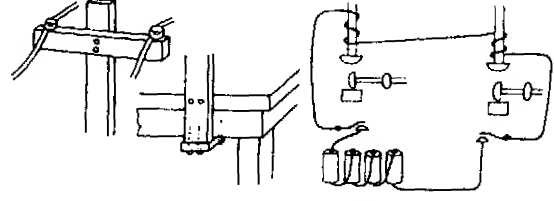
अशा प्रकारे तयार केलेला बझर दोन विद्युतघट व बटणाला जोडा. सर्व जोडणी बरोबर झाली का पहा. तसेच जेथे जोडणी केली असेल तेथे तारेवरील आवरण काढलेले आहे का पहा. बटण दाबून ठेवा व कॉन्टॅक्ट स्क्रूचा कंप पावणाऱ्या पट्टीला स्पर्श होईल इतपत तो फिरवा. पट्टी कंप पावत नसली तर स्क्रूखालील पट्टीचा भाग सँड पेपरने किंवा पोलादी धाग्यांच्या घासणीने स्वच्छ करा. पट्टी कंप पावू लागल्यानंतर स्क्रू वर खाली करून व ही पट्टी आणि वेदोळे यांमधील अंतर जरूर तेवढे ठेवून जास्त चांगला आवाज निघण्याची व्यवस्था करता येईल.

वरीलप्रमाणे तयार केलेल्या उपकरणाचा उपयोग करून तुम्हास संदेश पाठविण्याची कला शिकता येईल. असे आणखी बझर तयार केले तर वेगवेगळ्या खोल्यांत किंवा घरात संदेश पाठविता येतील.

१४) संदेश पाठविणाऱ्या व संदेश घेणाऱ्या तारायंत्राची जोडणी

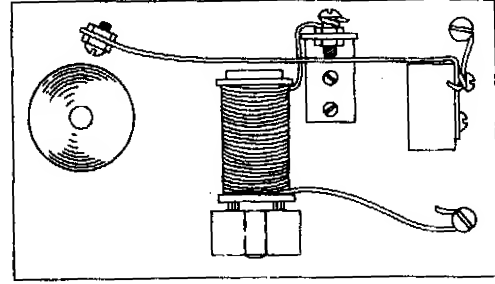


वरील १२ व्या प्रयोगाप्रमाणे तारायंत्राचे व विजेच्या बटणाचे दोन नमुने असले तर आकृतीत दाखविल्याप्रमाणे जोडणी करून संदेश पाठविण्याचे व घेण्याचे अशी दोन्ही कामे करता येतील.



ज्या वेळी संदेश पाठविण्याकरिता एका बटणाचा उपयोग केला असेल, तेव्हा दुसरे बटण घट्ट दाबून ठेवले पाहिजे म्हणजे विद्युतप्रवाह चालू राहील.

१५) विद्युतघंटा तयार करणे.



आकृतीचे बारकाईने निरीक्षण करा. कोरड्या (निर्द्रव) विद्युतघटेच्या साहाय्याने निरुपयोगी वस्तूचा उपयोग करून चांगली वाजणारी विद्युतघंटा किती थोड्या परिश्रमाने तयार करता येते, हे तुमच्या लक्षात येईल. लाकडी फळ्यांचे तीन तुकडे लागतील. १८ सें.मी. x १३ सें.मी. मापाच्या लाकडी तुकड्याचा बैठक म्हणून उपयोग होईल. चुंबक आणि कंप पावणारी पट्टी बसविण्याकरिता प्रत्येकी ५ x ५ सें.मी. मापाचे दोन लाकडी तुकडे लागतील. ८ सें.मी. मापाच्या बोल्टभोवती कापूस-वेष्टित तारेचे सुमारे १०० वेढे देऊन चुंबक तयार करता येईल. मात्र दोन्ही टोकांना काही लांबीची तार मोकळी ठेवणे जरूर आहे. बोल्टचे रीळ तयार करण्याकरिता एक फिरकी व दोन वॉशर्सचा उपयोग करा. मात्र बोल्ट (म्हणजे तयार झालेला चुंबक) लाकडी फळीला बसविण्याकरिता पेच असलेला निदान १.५ सें.मी. इतका भाग मोकळा सोडा. (आकृती पहा.) ह्या बोल्टची फळी बैठकीच्या साधारणपणे मध्यावर खालून

खिळे ठोकून पक्की बसवा.

सुमारे १८ सें.मी. लांब व १.५ सें.मी रूंद अशी घड्याळातील मऊ केलेली स्प्रिंग वापरून कंप पावणारी पट्टी तयार करता येईल. कोणत्याही घड्याळजीकडून जुनी स्प्रिंग मिळविता येईल. या स्प्रिंगचा काही भाग गॅसच्या दिव्याच्या ज्योतीमध्ये (हा दिवा नसल्यास स्टोव्ह वापरवा) अगदी तांबडालाल होईपर्यंत तापवा. नंतर ती स्प्रिंग सावकाश थंड होऊ द्या. त्यामुळे त्यामधील स्थितिस्थापकत्व कमी होऊन ती बरीचशी मऊ होईल आणि त्यामुळे त्यामध्ये चुंबकत्व उत्पन्न झाल्यास ते कायमचे टिकून राहणार नाही. आता स्प्रिंगच्या एका टोकाच्या बरेचसे जवळ एक भोक पाडा व दुसऱ्या टोकाशी सुमारे २.५ सें.मी. अंतरावर दोन भोके पाडा. पहिल्या टोकाच्या भोकामध्ये दोन फिरक्या वापरून एक लहानसा बोल्ट बसविला म्हणजे त्या टोकाचा हातोड्यासारखा उपयोग होईल. दुसऱ्या टोकाचा ४ सें.मी. लांबीचा भाग काटकोनात वाकवा व तो लाकडी ठोकळ्यावर स्क्रूने बसवा. हा ठोकळा बैठकीवर असा बसवा की, कंप पावणारी पट्टी व चुंबक बोल्टमध्ये ६ मि.मी. अंतर राहिल.

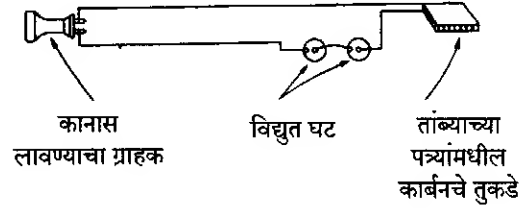
आकृतीत दाखविल्याप्रमाणे १० मि.मी. लांबीचा लहानसा बोल्ट (शक्य तो पितळेचा) व दोन फिरक्या वापरून कॉन्टॅक्ट स्क्रू तयार करावा. या बोल्टला आधार म्हणून २.५ सें.मी. मापाचा अँगल आयर्न उपयोगात आणावा. नंतर हे साहित्य कंप पावणाऱ्या पट्टीच्या हातोडीसारख्या टोकापासून ९ सें.मी. अंतरावर येईल अशा तऱ्हेने बैठकीवर बसवा. स्क्रू पिळून पक्के करण्यापूर्वी पट्टीमध्ये कंप उत्पन्न करून ती योग्य जोराने बोल्टवर आपटते की नाही याची खात्री करून घ्यावी. मात्र बोल्ट पक्का झाल्यानंतर ही पट्टी चुंबक बोल्टच्या वर ६ मि.मी. अंतरावर राहिली पाहिजे.

घंटा बसविण्यापूर्वी तार जोडून घ्या. ही जोडणी कशी करावयाची ते आकृतीत स्पष्ट दाखविले आहे. नंतर घंटेवर आपटणाऱ्या हातोड्याचे कंपन बरोबर होईल अशी व्यवस्था करा. त्यावरून घंटा बसविण्याची जागा निश्चित ठरविता येईल. आता दोन विद्युतघंटांची जोडणी करा व कॉन्टॅक्ट स्क्रू मागेपुढे सरकवून बरोबर बसवा. स्प्रिंगचे कंपन जोराने झाले पाहिजे. सर्व जोडणी बरोबर खाली

स्प्रिंगचा येणारा भाग सँडपेपरने घासून अगदी स्वच्छ करा. तसेच स्क्रूचेही खालचे टोक स्वच्छ करा. पट्टीचे हातोड्यासारखे टोक कंप पावत असताना घंटेची जागा निश्चित करून ती बैठकीवर पक्की बसवून टाका. विद्युतप्रवाह चालू करून घंटा बरोबर वाजते का पहा. नसल्यास स्प्रिंग थोडीशी वाकवून कॉन्टॅक्ट स्क्रू मागे-पुढे सरकवून, चुंबक व कंप-पट्टी यांमधील अंतर कमी जास्त करून, सँडपेपरने जरूर तेथला भाग घासून किंवा दुसरा योग्य तो उपाय योजून घंटा चांगली वाजेल असे पहा.

१६) साधा टेलिफोन तयार करणे.

सुमारे १० सें.मी. मापाचे तांब्याच्या पत्र्याचे दोन चौरस तुकडे घ्या. प्रत्येकास भोक पाडून त्यास सुमारे १ मीटर



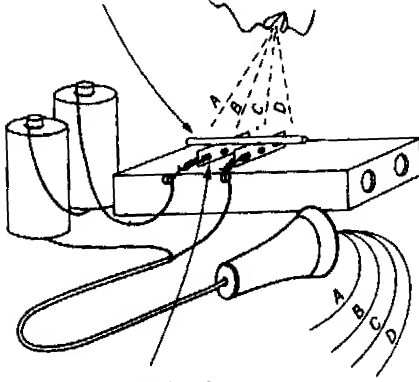
लांबीची तार डाक देऊन बसवा. मात्र त्यापूर्वी तारांच्या टोकावरील आवरण काढून घ्या. एका जुन्या कोरड्या विद्युतघटातील कार्बनची कांडी काढून तिचे ५ मि.मी. जाडीचे तुकडे करा. असे बरेच तुकडे लागतील. आता एका सिगारच्या पेटीवर घड्याळ काट्यांची बाजू वर करून ठेवा. घड्याळावर एक तांब्याचा तुकडा ठेवा. या तुकड्यास चिकटवलेली तार एकसर मालेप्रमाणे जोडणी केलेल्या दोन कोरड्या विद्युतघटांना जोडा. या घटाची दुसरी बाजू टेलिफोनच्या ग्राहकाला जोडा व तेथून दुसऱ्या तांब्याच्या तुकड्याच्या तारेला जोडा. आता घड्याळावरील तांब्याच्या तुकड्यावर कार्बनचे तुकडे ठेवून त्यावर दुसरा तांब्याचा तुकडा ठेवा. नंतर ग्राहकामधून एका. तुम्हास घड्याळाची टिक् टिक् ऐकू येईल. स्पष्ट ऐकू येत नसेल तर तुम्हास वरील तांब्याची तबकडी इकडे तिकडे सरकवून नीट करून घ्यावी लागेल.

१७) टेलिफोनचे साधे प्रेषक यंत्र (ट्रॅन्स्मिटर) तयार करणे.

एका सिगारच्या पेटीच्या वरच्या पृष्ठभागावर सुमारे चार सें.मी. अंतरावर चाकूच्या पात्याने खाचा पाडा. या खाचांमध्ये दोन दाढी करण्याची पाती बसवा. ती सरळ

व्यवस्थित बसली नाहीत तर मेणाचा उपयोग करून बसवा. त्याकरिता पाती तापवून मेणावर घासा व ती गरम असतानाच खाचांमध्ये बसवून टाका. पात्यामध्ये तारा पीळ देऊन बसवा. आता एका पेन्सिलीच्या लहानशा तुकड्याची दोन्ही टोके तासून आतील कार्बनचा भाग बाहेर काढा. ही टोके पात्याच्या धारेवर राहतील अशी

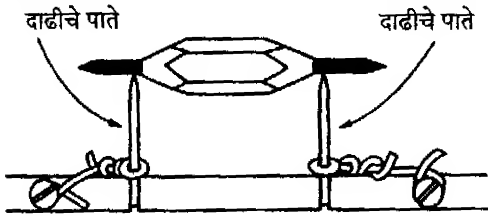
कार्बनीची कांडी किंवा
तासलेली पेन्सिल



दाढीचे पाते

पेन्सिल ठेवा. पात्याला कार्बन टेकत आहे, लाकूड लागत नाही अशी खात्री करून घ्या. हा टेलिफोन तयार झाला.

टेलिफोन कंपनीमध्ये ओळख काढून एक निरुपयोगी टेलिफोनग्राहक मिळवा. आकृतीत दाखविल्याप्रमाणे



कोरड्या विद्युतघटांची जोडणी करा.

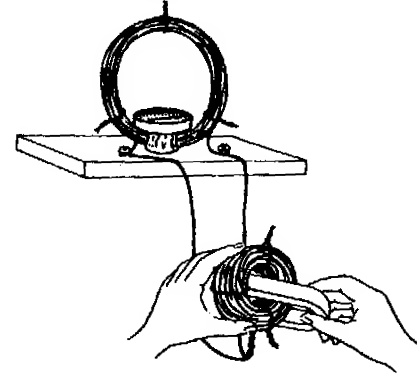
एकूण जोडणी बरोबर झाली असल्याची खात्री करून घेण्याकरिता ग्राहक कानास लावा व पेन्सिल वर-खाली करा. तसेच पेन्सिल बाजूलाही सरकावून पहा. रेडिओमधून ऐकू येतो तसा स्थिर आवाज ऐकू आला पाहिजे. फोनमधून आवाज चांगला ऐकू येण्याकरिता पुढीलप्रमाणे उपाययोजना करा. पेटीवर घड्याळ ठेवून ग्राहक कानाला लावा. नेहमीपेक्षा दुप्पट किंवा तिप्पट तीव्रतेने आवाज ऐकू येईल, अशा बेंताने कार्बनच्या कांडीची किंवा

पेन्सिलीची योग्य जागा निश्चित करा. त्यानंतर घड्याळ काढून घ्या. आता पेटीच्या वर तोंड करून बोला व त्याच वेळी तुमच्या मित्राला ग्राहक कानाला लावून ऐकावयास सांगा. मात्र टेलिफोनच्या तारा लांब नसतील तर ऐकणाराने दुसरा कान बंद करावा.

अशा प्रकारे सिगारच्या पेटीमध्ये तुमचा आवाज उत्पन्न करून तो तारेमधून दूरवर पाठवणे शक्य असल्याचे दिसून आले. ही क्रिया कशी होते ते शोधण्याचा प्रयत्न करा. प्रथम तुमच्या आवाजाच्या लहरी पेटीवर आदळल्या की पेटी कंप पावू लागते. तुम्ही बोलत असता पेटीवर बोटे ठेवली तर ती कंप पावत असल्याचे तुमच्या लक्षात येईल. पेटीच्या कंपनामुळे तीवर ठेवलेली पेन्सिल तशाच प्रकारे कंप पावू लागते. त्यामुळे संथपणे वाहणाऱ्या विद्युतचुंबकातून जाणाऱ्या प्रवाहात कमी जास्तपणा उत्पन्न होतो. त्यामुळे ग्राहकातील पडदा कंप पावू लागतो आणि पेटीवर आपटल्या असतील तशाच प्रकारच्या ध्वनिलहरी उत्पन्न होतात. पेटीवर हात फिरवा आणि आवाज ऐका. वाळूचे खडे पेटीवर टाका व ग्राहकामधून आवाज कसा ऐकू येतो ते पहा. टेबलावर ओरखडा ओढून खर्ररऽऽ आवाज करा व तो ऐका. या सर्व गोष्टींवरून वरील विधानास किंवा स्पष्टीकरणास पुष्टी मिळते का पहा.

१८) चुंबक आणि तारेच्या वेटोळ्याचा उपयोग करून विद्युत उत्पन्न करणे.

या प्रयोगाकरिता 'आ' विभागातील ४ थ्या प्रयोगात वर्णन केलेला प्रवाहदर्शक उपयोगात आणा. सुमारे १००

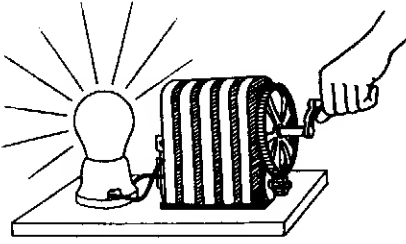


वेढे असलेले तारेचे वेटोळे एका प्रवाहदर्शकाला जोडा. मात्र वेटोळ्याच्या दोन्ही टोकांच्या सुट्या तारा बऱ्याच लांब असाव्यात. त्यामुळे वेटोळ्यातील चुंबक,

प्रवाहदर्शकातील चुंबककाट्यापासून बराच लांब राहिल. आता एक चुंबकनाल घ्या. त्याच्या एका ध्रुवाभोवती वेटोळे घुसवा व चुंबककाट्यावर काय परिणाम होतो हे पहा. वेटोळे काढून घ्या व काय होते ते पहा. त्याचप्रमाणे दुसऱ्या ध्रुवाभोवती वेटोळे घाला व बाहेर काढा. कोणता परिणाम दिसून येतो? आता वेटोळे हातात धरा आणि त्यामध्ये चुंबकाचा प्रत्येक ध्रुव खुपसा व बाहेर काढा. वेटोळ्यामुळे चुंबकक्षेत्रातील चुंबक कार्यरिषांत बदल झाला की वेटोळ्यामधून विद्युतप्रवाह सुरू होतो.

१९) हाताने फिरविण्याचे विद्युत-जनित्र (जनरेटर)

पूर्वी भिंतीवर बसविण्याचे टेलिफोन असत. त्यामधील चुंबकनाल किंवा अनेक नालांचा गट (मॅग्नेटो) घ्या.



टेलिफोन कंपनीमध्ये जुने टेलिफोन असतात. तेथून ओळखीने असा गट मिळवा.

१५.५ सें.मी. x ३० सें.मी. मापाचा एक बोर्ड घ्या. त्याच्या एका कडेला मॅग्नेटो बसवा. दुसऱ्या टोकाला विजेच्या दिव्याकरिता साँकेट बसवा. विद्युतजनित्राची (मॅग्नेटो) दोन्ही टोके साँकेटला जोडा. साँकेटमध्ये १० वॅट व १०० व्होल्टचा दिवा बसवा.

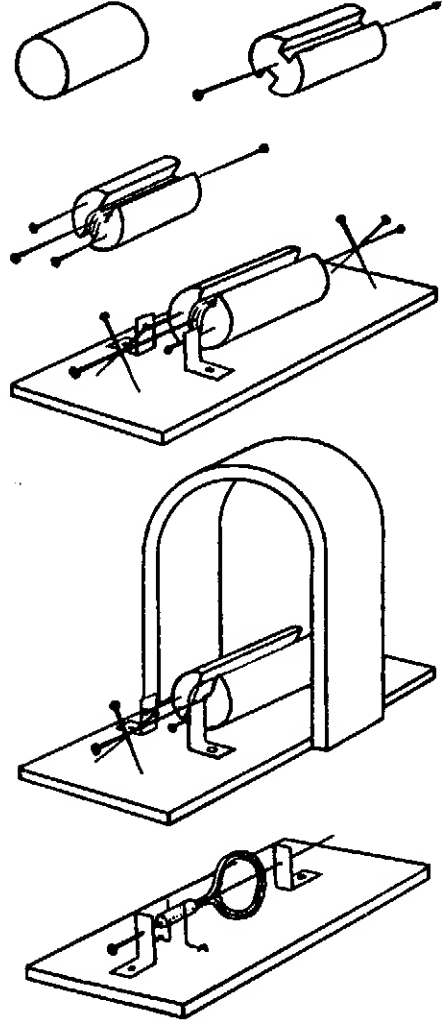
अशा प्रकारे उपकरणाची सिद्धता झाल्यानंतर दांडा फिरवा म्हणजे दिवा लागेल. दांडा हळू फिरविला तर दिव्याचा उजेड मंद वाटेल. या उलट दांडा जोराने फिरविला तर दिव्याचा उजेड प्रखर होईल. असे का होते? तुमचे डोळे मिटून दांडा फिरवा व त्याच वेळी दुसऱ्या कोणास तरी दिवा काढण्यास व पुन्हा बसविण्यास सांगा. या वेळी दांडा फिरविण्यास लागणाऱ्या जोरावरून दिवा काढला केव्हा व बसवला केव्हा ते ओळखता येते का पहा. दिवा लागला असता दांडा फिरविण्यास जड का लागतो?

२०) टाचणी व बुचाची विद्युत-मोटर तयार करणे.

एका बुचाला दाढीच्या पात्याने खाच पाडून त्यामध्ये

विद्युत विरोधित बारीक तारेचे वेटोळे बसवले की ते आर्मेचर (मोटारीतील फिरते वेटोळे) झाले.

बुचाच्या प्रत्येक बाजूमध्ये एकेक टाचणी खुपसून बसविली की कणा तयार झाला. तारेची दोन्ही बाजूंची



मोकळी टोके दोन वेगवेगळ्या टाचण्यांभोवती गुंडाळून ठेवावी. यापैकी एका टोकामधून विद्युतप्रवाह वेटोळ्यात जाईल व दुसऱ्या टोकामधून बाहेर पडेल. कथील व तांब्याच्या पातळ पट्ट्यांचा उपयोग ब्रशासारखा करावा. हे ब्रश बैठकीवर ड्रॉइंग पिनानी बसवावे.

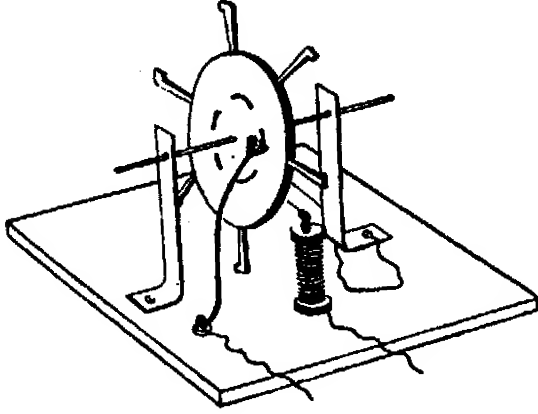
अशा प्रकारे तयार केलेल्या उपकरणावर एक मोठा चुंबकनाल ठेवला की विद्युत मोटारचा नमुना तयार

झाला. कोरड्या विद्युतघटाचा उपयोग करून ही मोटार चालू करता येईल.

बुचाऐवजी एक टाचणी वापरून छोटे आर्मेचर (तारेचे वेटोळे) तयार करता येईल. प्रथम एका पेन्सिलीभोवती तार गुंडाळून तिचे वेटोळे तयार करतात. नंतर एका टाचणीभोवती चिकट कागद गुंडाळून त्यावर वेटोळ्याची दोन टोके बांधून टाकतात. त्याचा उपयोग दिक् परिवर्तक (कॉम्प्युटर) म्हणून होतो.

२१) आकर्षण क्रियेमुळे चालणारी मोटार तयार करणे.

या प्रकारच्या मोटारीमध्ये मऊ लोखंडाची पट्टी विद्युतचुंबकामुळे आकर्षिली जाते. विद्युतप्रवाह किंचित



काल बंद होऊन पुन्हा सुरू होण्याची योजना केली असल्यामुळे मोटारीतील पट्ट्या क्रमाक्रमाने आकर्षिल्या जातात व गती सतत चालू राहते. या पट्ट्या सुमारे ७ सें.मी. लांबीच्या चपट्या (कापीव) लोखंडी खिळ्यांच्या कराव्या. आर्मेचरकरिता सहा व विद्युतचुंबकाकरिता एक अशा एकूण सात पट्ट्या लागतील.

आर्मेचर तयार करण्याकरिता सुमारे ६ सें.मी. व्यासाचे कार्डबोर्डचे वर्तुळाकार तीन तुकडे घ्या. एका तुकड्यावर त्रिज्येच्या दिशेने समान अंतरावर सहा खाचा पाडा. प्रत्येक खाचेमध्ये वरील एक एक खिळा बसवा. नंतर उरलेले दोन कार्डबोर्ड दोन्ही बाजूंनी डिकाने चिकटवून टाका व आता कार्डबोर्डवर वर्तुळाच्या मध्यावर २ सें.मी. त्रिज्येचे एक वर्तुळ काढा. या वर्तुळाच्या परिघावर समान अंतरावर १२ भोके पाडा व त्यामधून १८ नंबरची (गेजची) तांब्याची उघडी तार ओवून घ्या. अशा तऱ्हेने तबकडीच्या एका

बाजूला तारेच्या सहा भागांना अधून मधून स्पर्श होऊ शकेल. स्पर्श करण्यासाठी एका तारेच्या टोकाला बारीक तार गुंडाळून ब्रश बनवा व तो फळीवर स्क्रूने बसवा. वर दिलेल्या तारेचे टोक कण्याला गुंडाळून जोडून टाका. विणण्याच्या सुईचा कण्यासारखा उपयोग करता येईल.

विद्युत-चुंबक तयार करण्याकरिता कार्डबोर्डच्या दोन चकत्यांमधून किंवा कातडी वॉशर्समधून खिळा घुसवा. एक चकती खिळ्याच्या वरच्या बाजूस राहिल व दुसरी खालच्या बाजूस राहिल. या दोन चकत्यांमधील खिळ्याच्या भागाला विद्युत विरोधित तारेच्या वेढ्यांचे दोन थर द्या. नंतर एका लाकडी बैठकीवर खिळ्याचे खालचे टोक घुसवून विद्युतचुंबक उभा बसवा.

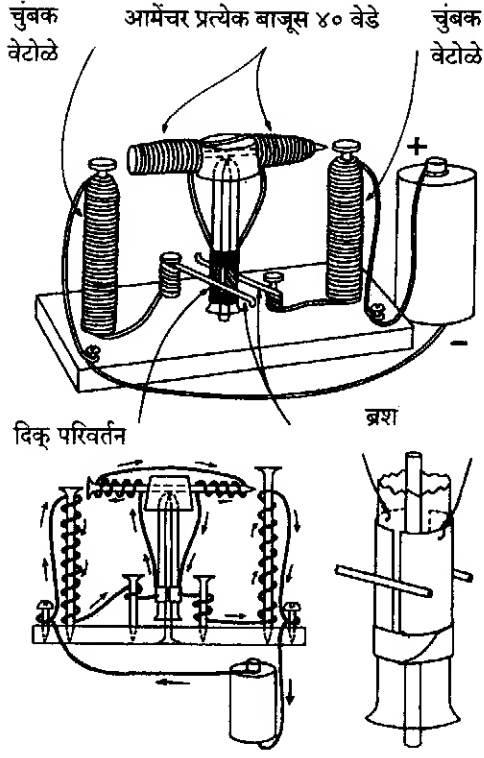
आकृतीत दाखविल्याप्रमाणे पत्र्याच्या दोन पट्ट्या काटकोनात वाकवून लाकडी बैठकीवर उभ्या बसवा. पट्ट्यांच्या वरच्या बाजूस भोके पाडून त्यामध्ये वर्तुळाकार कणा बसवा. उपकरणाची इतर जोडणी कशी केली आहे ते आकृती वरून जास्त स्पष्ट होईल.

बेल रोहित्राच्या (ट्रॅन्सफॉर्मर) उपयोगामुळे कमी दाबाचा उलट सुलट (आल्टरनेटिंग) विद्युतप्रवाह चालू करण्याची योजना असेल तर विद्युतप्रवाह जोडण्या-तोडण्याची वर उल्लेखिलेली योजना नसली तरी चालेल. हा विद्युतप्रवाह विद्युतचुंबकामधून जाऊ द्यावा. नंतर प्रवाहाच्या वेगास अनुसरून आर्मेचरचा वेग राहिल अशी योजना करून घ्यावी. या उपकरणाच्या हालचालीप्रमाणे विद्युतप्रवाहामुळे चालणाऱ्या घड्याळाची हालचाल होते.

२२) आणखी एक साधी विद्युत-मोटार

या साध्या उपकरणावरून विद्युत मोटारीची चांगली व स्पष्ट कल्पना येईल. विद्युतघटापासून या उपकरणात विद्युतप्रवाह सोडला की त्यामुळे विद्युत चुंबक आणि तारेचे वेटोळे ही दोन्ही उत्तेजित होतील.

२० सें.मी. x २५.५ सें.मी. मापाची एक लाकडी बैठक तयार करा. या बैठकीच्या मध्यावर एक भोक पाडून त्यामध्ये १५.५ सें.मी. लांबीचा एक जाड गोल खिळा (अरी) बसवा. १५ सें.मी. लांबीचे आणखी दोन गोल खिळे घेऊन त्याभोवती विद्युत-विरोधित तारेचे १०० वेढे द्या. मात्र दोन्ही बाजूंना सुमारे ३० सें.मी. लांबीची तार मोकळी ठेवा. हे खिळे एकमेकांपासून १५.५ सें.मी.



अंतरावर बैठकीत घुसवून बसवा. बैठकीच्या मध्यावर बसविलेल्या खिळ्यापासून ५ सें.मी. अंतरावर कर्णाच्या रेषेत प्रत्येक बाजूला एक एक लहान खिळा बसवा (आकृती पहा). प्रत्येक वेटोळ्याच्या एका टोकाकडील मोकळ्या तारेवरील आवरण काढून ती या लहान खिळ्याभोवती गुंडाळा. तारेचा अखेरचा भाग अशा तऱ्हेने वाकवा की मधल्या खिळ्याला त्याचा स्पर्श होईल. ही टोके म्हणजे ब्रशेस होत. वेटोळ्यातील तार योग्य दिशेने गुंडाळण्याची काळजी घेतली पाहिजे. आकृतीवरून या दिशेची स्पष्ट कल्पना येईल. तार गुंडाळण्यात चूक झाली तर चालणार नाही. लाकडी बैठकीच्या पुढील कोपऱ्यावर बसलेल्या स्क्रूना वेटोळ्याची दुसरी टोके जोडावी.

अशा प्रकारे मोटारीच्या चार प्रमुख भागांपैकी दोन भाग (चुंबक-वेटोळे व ब्रशेस) तयार झाले. दोन भाग (आर्मेचर वेटोळे व दिक् परिवर्तक कॉम्प्युटेर) तयार करावयाचे राहिले. एक चार सेंटिमीटर मापाचे बूच घ्या. त्याच्या बाजूंना थोडेसे वर एक आरपार भोक पाडा. या भोकामधून १३ सें.मी. लांबीचा गोल खिळा दोन्ही बाजूंना

सारखा राहिल असा बसवा. बुचाच्या दोन्ही बाजूंकडील खिळ्याच्या भागाभोवती विद्युत विरोधित तारेचे सुमारे ४० वेडे द्या. मात्र आकृतीत दाखविल्याप्रमाणे गुंडाळण्याची दिशा असावी. तारेच्या टोकाजवळील तिच्या काही भागावरील आवरण काढून टाका. आता बुचाच्या मध्यावरील खालचा भाग व्यवस्थित करून खोलगट करा. या खोलगट भागाला चाकूने नीट गोलाई द्या व त्यामध्ये १३ किंवा १०.५ सें.मी. लांबीच्या परीक्षानळीचा बंद असलेला गोल भाग (म्हणजे उलटी) बसवा. आर्मेचर वेटोळे तयार झाले.

आता दिक् परिवर्तक तयार करावयाचा राहिला. त्याकरिता सुमारे ४ सें.मी. लांबीच्या चौकोनी दोन तांब्याच्या पत्र्याच्या पट्ट्या घ्या, त्या परीक्षानळीभोवती बसविल्या असता, दोन पट्ट्यांमध्ये सुमारे ६ मि.मी. अंतर राहिल, इतक्या रुंदीच्या असाव्यात. पट्ट्या वाकवून परीक्षानळीभोवती बसवा. दोन्ही पट्ट्यांना भोके पाडा. या भोकामध्ये आर्मेचरच्या वेटोळ्याच्या तारेची मोकळी टोके पिरगळून बसवा. प्रत्येक पट्टीमध्ये वेटोळ्याच्या या तारेचे एक टोक जोडलेले असावे. नंतर या पट्ट्यांच्या वरच्या आणि खालच्या बाजूंना चिकटपट्ट्या लावून त्या परीक्षानळीला पक्क्या बसवा.

आता आर्मेचर व दिक् परिवर्तक यांनी युक्त अशी विद्युत मोटार तयार झाली. उपकरण योग्य ठिकाणी उभे बसवा आणि ब्रशेस परिवर्तकाला जोडून ठेवा. तारा योग्य प्रकारे गुंडाळल्या असतील व इतर जोडणी बरोबर असेल तर हे उपकरण एक किंवा दोन विद्युत घटांना जोडा. नंतर आर्मेचरला थोडासा धक्का दिला की तो चांगला फिरू लागेल. फिरले नाही तर ब्रशांची तपासणी करा. त्यांचा फार दाब न पडता नाजूक स्पर्श झाला पाहिजे. तसेच ब्रश योग्य कोनात बसवले आहेत का पहा. त्याकरिता खिळ्याभोवतालचे वेडे मोकळे करून ब्रशेस हातात धरा व दिक् परिवर्तकाला त्यांचा हलकेच स्पर्श करा. मात्र ब्रश एकमेकांस समांतर असावेत. आता दुसऱ्या मनुष्यास आर्मेचर फिरविण्यास सांगा व ब्रश कोणत्या कोनात ठेवले असता आर्मेचर जोरात फिरते ते पहा. कोन निश्चित झाल्यानंतर ब्रश पक्के बसवा. उतावीळ न होता काळजीपूर्वक प्रयत्न केला तर हे उपकरण चांगले काम देईल.

ई. विद्युतशक्तीपासून उष्णता आणि प्रकाश यांची उत्पत्ती

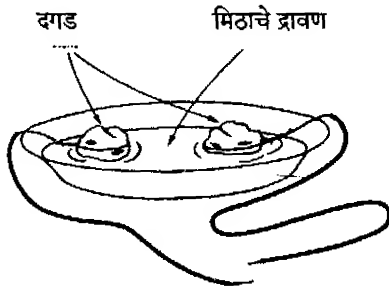
१) विद्युत शक्तीपासून उष्णता आणि प्रकाश कशी मिळतात?

याच प्रकरणाच्या 'आ' विभागातील २४ वा प्रयोग पहा.

२) साधा विद्युतविरोधक (न्हिओस्टाट) अगर रोधनी तयार करणे.

यापुढे करावयाच्या प्रयोगांपैकी काहींच्या बाबतीत विद्युतप्रवाहाची शक्ती (जोर) कमी करणे जरूर असते. त्याकरिता विद्युतप्रवाह मंदवाहकामधून जाण्याची व्यवस्था केली म्हणजे काम होते. या वाहकांनाच विद्युतविरोधक किंवा रोधनी म्हणतात. अशा विरोधकांचे अनेक प्रकार आहेत. त्यापैकी पाण्याचा विरोधक तयार करणे फार सोपे आहे. पाणी मंदवाहक आहे. तेव्हा विद्युत प्रवाहाच्या भागांमध्ये पाणी भरलेले भांडे ठेवून त्यामधून प्रवाह जाऊ दिला तर प्रवाहाची शक्ती कमी होऊ शकते. अगदी शुद्ध पाणी घेतले तर त्यामधून प्रवाह जाणारच नाही. याच पाण्यात थोडेसे मीठ टाकले, तर त्यातून प्रवाह जाईल; परंतु जरूर तेवढा विरोध होऊन प्रवाहाची शक्ती कमी होऊ शकेल. तसेच पाण्यातून जितक्या जास्त अंतरामधून प्रवाह जाईल तितक्या जास्त प्रमाणात प्रवाहाची शक्ती कमी होत जाईल. तेव्हा हे अंतर कमी-जास्त करून विद्युत-प्रवाहाची शक्ती आपणास पाहिजे असेल तेवढी करून घेता येईल.

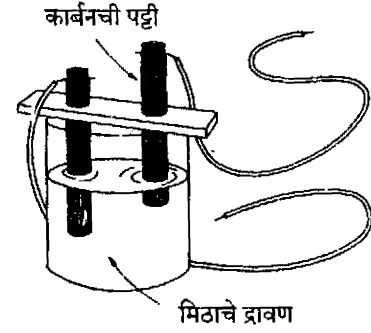
अशा प्रकारचा विरोधक पुढीलप्रमाणे तयार करता येईल. पायरेक्स जातीच्या काचेची २५ ते ३० सें.मी. रुंदीची एक उथळ बशी घ्या किंवा त्याच मापाची मातीची



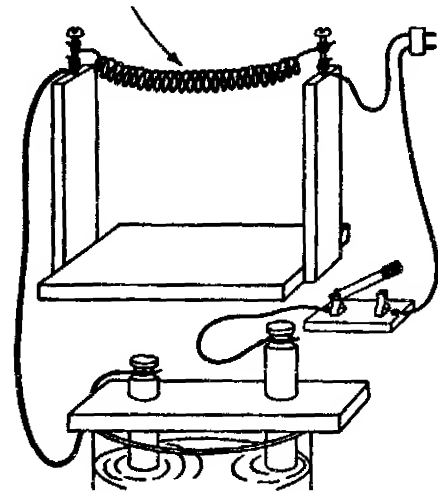
बशी घ्या. मात्र कोणत्याही धातूचे भांडे घेऊ नका.

आता कोणत्याही धातूच्या डब्यांची सुमारे ८ सें.मी व्यासाची दोन गोल झाकणे घ्या. एका बाजूला भोक पाडून त्यामधून दोन तारांची टोके बसवा. एका टोकामधून

विद्युत-प्रवाह आत जाईल व दुसऱ्यामधून तो बाहेर येईल. ही दोन झाकणे बशीमध्ये काही सें.मी. अंतरावर ठेवा व ती हलू नयेत म्हणून त्यावर एक दगड किंवा गोटा ठेवा. आता दोन लिटर पाणी घेऊन त्यामध्ये एक चहाचा सपाट चमचा मीठ टाकून ते विरघळवा. हे मिठाचे द्रावण दोन्ही झाकणे बुडून राहातील इतके बशीमध्ये ओता. पाण्याचा विद्युतविरोधक तयार झाला. कोणत्याही विद्युतमंडळांमध्ये हा विरोधक जोडून झाकणांमधील अंतर कमी-जास्त करून विद्युत शक्तीवर पाहिजे तसा ताबा ठेवता येतो. मात्र झाकणे सरकविण्याकरिता विद्युतविरोधित पदार्थाचा उपयोग करा. पाण्यात हात घालू नका. दुसऱ्या आकृतीत दाखविल्याप्रमाणे डब्याच्या झाकणाऐवजी कार्बनच्या पट्ट्या वापरूनही हा विरोधक तयार करता येईल.



३) विद्युतप्रवाहाने तार तांबडीलाल होईपर्यंत तापविणे. लोखंडाची किंवा नायक्रोमची तार

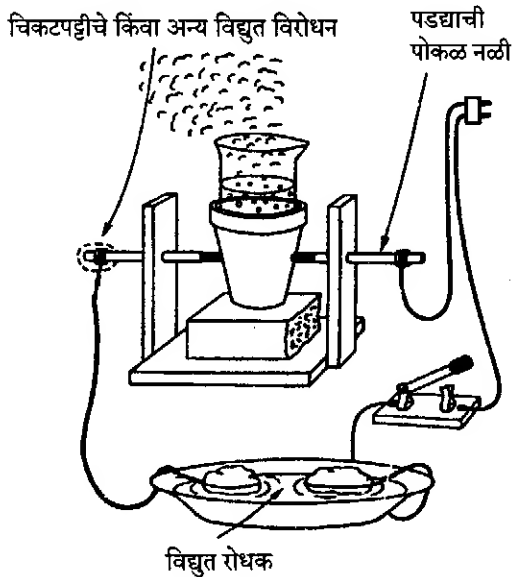


या प्रयोगावरून वेगवेगळ्या प्रकारच्या तारा विद्युत-प्रवाहामुळे कशा तापतात याची कल्पना येईल. एक १५x १५ सें.मी. मापाची जाड फळी घेऊन तिच्या दोन्ही बाजूंना २० सें.मी. उंचीची एकेक फळी उभी बसवा. आता साधारणपणे ३० ते २४ नंबरची १.५ सें.मी. लांबीची लोखंडी तार एका पेन्सिलीभोवती गुंडाळून थोड्या वेळाने मोकळी करा, म्हणजे तिला वेटोळ्यासारखा आकार येईल. तारेचे एक टोक एका खिळ्याभोवती गुंडाळून टाका. वरील दुसऱ्या प्रयोगात सांगितल्याप्रमाणे हे उपकरण पाण्याच्या विद्युत-विरोधकाला जोडा. मात्र जोडताना काळजी घ्या. नंतर विद्युत-विरोध हळू हळू कमी करा. तार तापू लागून शेवटी लाल कशी होत जाते ते पहा. तारेच्या जवळ हात धरून पहा. कागदाच्या तुकड्याच्या किंवा लाकडाच्या ढलपीचा तारेला स्पर्श करून ती पेट घेते का पहा. नंतर विद्युत-प्रवाहाचा जोर वाढत गेला की तार खूप तापून शेवटी वितळून जाईल.

लोखंडाऐवजी नायक्रोम धातूची तार वापरून पहा. विजेचे दिवे, शेंगड्या, इल्ली या साधनांमध्ये नायक्रोम धातूच्या बारीक तारा वापरलेल्या असतात. त्या जळून जाण्यापूर्वी इतर धातूपेक्षा खूप तापतात.

या प्रयोगावरून उष्णता देणारी विजेची साधने कशी तयार करता येतील याची कल्पना येईल.

४) विद्युत कमानीची (आर्क) भट्टी तयार करणे.



विद्युत कमान उत्पन्न झाल्यामुळे अति प्रखर उजेड मिळतोच; शिवाय सर्वात जास्त तीव्र उष्णताही मिळते. कार्बनच्या कांडीच्या अतिशुभ्र झालेल्या टोकाचे उष्णमान सुमारे ३७६०° सेंटिग्रेड इतके असते. उकळत्या पाण्याचे उष्णमान १००° सेंटिग्रेड असते आणि लोखंड १५३५° सें. उष्णमानाला वितळते. यावरून वरील उष्णमानामुळे किती प्रखर उष्णता उत्पन्न होत असेल याची कल्पना येईल.

एक साधी लहानशी कुंडी, निरुपयोगी झालेल्या बॅटरीतील दोन कार्बनच्या कांड्या, पडद्याच्या दोन पोकळ नळ्या आणि लाकडाचे काही तुकडे एवढेच साहित्य वापरून विद्युत-कमान किंवा विद्युत भट्टी तयार करता येते. तेव्हा अशी भट्टी तयार करणे तुम्हास सहज शक्य आहे.

एक आठ सें.मी. व्यास असलेली मातीची कुंडी घ्या. तिच्या तळापासून २.५ सें.मी. उंचीवर एकमेकांच्या अगदी समोर अशी दोन भोके पाडा. भोके पाडण्याचे यंत्र (ड्रिल) नसेल तर एक त्रिकोणी कानस किंवा तीक्ष्ण टोक असलेला धातूचा तुकडा घेऊन हे काम करता येईल. भोके पाडल्यानंतर ती कानशीने इतकी मोठी करा की, त्यामधून कार्बनच्या कांड्या जाऊ शकतील. आता सुमारे १२ सें.मी. लांबीच्या पडद्याच्या दोन पोकळ पितळी नळ्या कापून घ्या. कापण्याची करवत नसेल तर नळीच्या भोवताली त्रिकोणी कानशीने खाच पाडा व त्या ठिकाणी वाकवा म्हणजे तुकडा पडेल. या नळ्यांच्या एका टोकामध्ये कार्बनच्या कांड्या बसवा. अशा प्रकारे विद्युत भट्टीचे प्रमुख भाग तयार झाले.

या भागांची मांडणी करण्याकरिता बैठकीची जरूरी आहे. त्याकरिता १५ x १५ सें.मी. मापाच्या लाकडी बैठकीवर (फळीवर) दोन्ही बाजूंनी १५ सें.मी. उंचीच्या दोन लाकडी पट्ट्या खिळे ठोकून बसवा. एक अर्धी वीट किंवा सपाट दगड लाकडी फळीवर ठेवा आणि त्यावर कुंडी ठेवा. भट्टीकरिता वापरतात तसले काळे अॅम्बेस्टॉस सीमेंट वापरून फळीवर वीट आणि विटेवर कुंडी पक्की बसविता येईल. कोणत्याही लोखंडी सामानाच्या दुकानात हे सीमेंट मिळेल. प्रथम तळाशी सीमेंट लिपून घ्या आणि त्यावर वीट व कुंडी दाबून बसवा म्हणजे झाले. कुंड्यांना पाडलेल्या भोकांच्या रेषेमध्येच येतील अशी, उभ्या लाकडी पट्ट्यांना भोके पाडा. सर्व भोके एका रेषेत आली

म्हणजे कार्बनच्या कांड्या व नळ्या त्यामध्ये बरोबर बसविता येतील. नळ्या सहज जातील, इतपत ही भोके मोठी करा. आता कार्बनच्या कांड्या कुंडीमध्ये सरकवा म्हणजे भट्टी तयार झाली.

आकृतीत दाखविल्याप्रमाणे विद्युत-भट्टी, पाण्याचा विद्युत-विरोधक आणि विजेच्या दिव्याचे सॉकेट यांची जोडणी करा. याच प्रकरणाच्या 'ई' विभागातील ६ व्या प्रयोगात वर्णन केल्याप्रमाणे विद्युत-कमान तयार करण्याची रचना करा. (सूचना : कार्बनच्या कांड्याभोवती टेप गुंडाळल्याशिवाय त्यांना हात लावू नका किंवा त्यांना स्पर्श करण्यापूर्वी हातमोजे घाला). तसेच विद्युतभट्टीचा उपयोग करताना काळ्या काचांचा चष्मा वापरणे हिताचे असते.

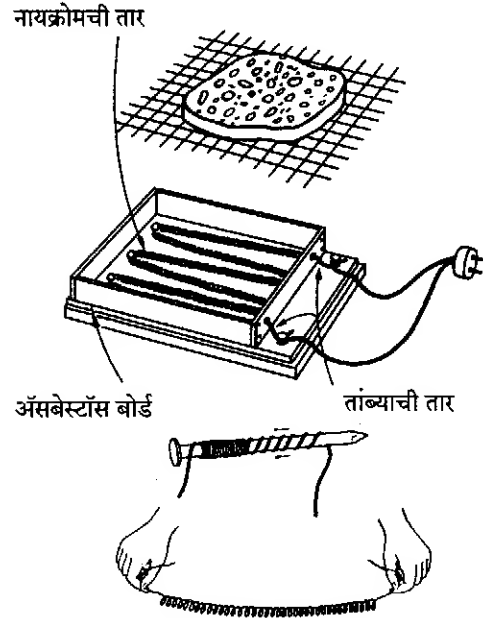
५) पाव भाजण्याचे विद्युत-उपकरण (टोस्टर) तयार करणे.

घरातील उष्णता उत्पन्न करणाऱ्या सर्व प्रकारच्या विद्युत उपकरणांमध्ये नायक्रोमची तार वापरतात. विद्युत-साहित्य विकणाऱ्या कोणत्याही दुकानामध्ये ही तार मिळू शकते. पावाच्या एका कापाएवढ्या लहानशा जागेत ५ मीटर लांबीची नायक्रोमाची तार कशी बसवायची हाच एक प्रश्न आहे.

तार गुंडाळून तिची वेटोळी कशी तयार करता येतील हे आकृतीत दाखविले आहे. त्याकरिता ५ मि.मी. व्यासाची गोल नळी घेऊन तिच्याभोवती २४ नंबरची ५ मीटर लांबीची तार गुंडाळण्यास सुरुवात करा. तारेचे वेढे एकमेकांशेजारी सारख्या अंतरावर राहावेत म्हणून थोडेथोडे घालून झाले की ते सरकवून दाबून घ्या. त्यामुळे सर्व वेटोळ्यात सारखेपणा येईल. दोन्ही बाजूंना १० ते १२ सें.मी. लांबीची तार मोकळी ठेवा. तार गुंडाळून झाल्यानंतर ती नळीवरून हळूहळू काढून घ्या व तारेचे वेढे किंचित ओढा. वेटोळ्याची लांबी ७५ सें.मी. राहिली पाहिजे. आता या तारेच्या दोन्ही टोकांना जेथे वेटोळ्यास सुरुवात होते, तेथपर्यंत सुमारे १० सें.मी. लांबीची तांब्याची तार गुंडाळून पक्की बसवा.

तारेचे वेटोळे बसविण्याकरिता ३० सें.मी. चौरस मापाचा एक अॅसबेस्टॉसचा तुकडा घ्या. त्यापैकी १५ x २० सें.मी. मापाचा तुकडा बैठकीकरता कापून घ्या. राहिलेल्या तुकड्यामधून १५ सें.मी. लांब व २.५ सें.मी.

रुंद अशा पट्ट्या कापून घ्या. या पट्ट्या आकृतीत दाखविल्याप्रमाणे एकमेकीस जोडा. त्यांना भोके पाडून त्यामध्ये स्क्रू बसवून किंवा भट्टीचे सीमेंट वापरून पट्ट्या एकमेकांशी जोडता येतील. सीमेंट जास्त उत्तम. ते कोणत्याही लोखंडी सामानाच्या दुकानात मिळेल. आता बैठकीकरिता योग्य मापाचा लाकडी बोर्ड कापा व त्यावर अॅसबेस्टॉसची तयार झालेली पेटी बसवा. खाली हवा खेळण्याकरिता अॅसबेस्टॉसच्या दोन अरुंद पट्ट्या बसवा. आता या चौकटीमध्ये तार बसवावयाची आहे. त्याकरिता तिच्या तळाशी आतील बाजूस पुढच्या कडेला चार व मागील टोकाला तीन, समान अंतरावर लहान भोके पाडा. या सर्व भोकांमध्ये २.५ सें.मी. लांबीचे स्क्रू, त्यांचा बराचसा भाग वर राहिल, अशा तऱ्हेने बसवा, चौकटीच्या



पुढच्या पट्टीला दोन भोके पाडा. त्यामधून तांब्याची तार बसवायची आहे. बैठकीच्या पुढच्या बाजूस चौकटीच्या बाहेर दोन्ही कोपऱ्यांना दोन बाइंडिंग स्क्रू तार बांधण्याकरिता बसवा.

आता आतील स्क्रूभोवती आकृतीत दाखविल्याप्रमाणे एका टोकापासून दुसऱ्या टोकापर्यंत तार गुंडाळा. तारेच्या गुंडाळीचा प्रत्येक भाग सारखाच राहिला पाहिजे. तसेच प्रत्येक स्क्रूच्या पेचाभोवती तार अशी गुंडाळा की, ती

तळापासून ५ मिलीमीटर उंचीवर राहिल. या तारेच्या दोन्ही टोकांना जोडलेली तांब्याची तार पुढच्या पट्टीच्या भोकांतून बाहेर आणा व बाहेरच्या दोन स्कूमध्ये वेढा देऊन बसवा. आता पाव ठेवण्याकरिता बाळी करावयाची राहिली. त्याकरिता १ सें.मी. चौरस मापाची भोके असलेली चौरसाकृती जाळी कापून घ्या किंवा स्वयंपाक घरातील दुसरी एखादी जाळी वापरा.

वरील उपकरण विद्युतप्रवाहास जोडण्याकरिता लोखंडाची तार चालेल. अशा दोन तारा घेऊन त्यांच्या दोन्ही टोकांवरील वेष्टन काढून टाका. नंतर या तारांचे एक टोक बाहेरील स्कूमधोवती गुंडाळून बसवा आणि दुसरे टोक दिव्याच्या सॉकेटमध्ये बसवा. जोडणी पूर्ण झाल्यानंतर विद्युतप्रवाह सुरू केला की थोड्या वेळाने वेटोळलेली तार तापेल व त्यावर पाव भाजता येईल. त्याचप्रमाणे वेगवेगळे पदार्थ शिजवून स्वयंपाकही करता येईल.

६) विद्युतकमानीचा दिवा तयार करणे.

फ्लॅशलाइटच्या विद्युतघंटातील निरुपयोगी झालेल्या दोन कार्बनच्या कांड्या धुव म्हणून उपयोगात आणा. पूर्वीप्रमाणेच या दोन कार्बनच्या कांड्या, मिठाच्या पाण्याचा विद्युतविरोधक आणि विजेची दुहेरी तार यांची जोडणी करा. विजेच्या इस्त्रीमध्ये वापरता तसली तार घेऊन तिच्या टोकाकडील काही भागांचे वेष्टन काढून ती वापरण्यास हरकत नाही. विद्युतविरोधकातील तबकड्या एकमेकांपासून दूर ठेवा व सॉकेटमध्ये प्लग बसवून विद्युतप्रवाह सुरू करा.

आता प्रत्येक हातामध्ये कापडाचा लाकडी चिमटा

घेऊन त्याच्या साहाय्याने कार्बनच्या कांड्या उचला. किंवा जाड हातमोजे घालून त्या हातांनी उचलता येतील (सूचना- नुसत्या हाताने मात्र कार्बनच्या कांड्यांना बिलकूल स्पर्श करू नका). कांड्यांची टोके एकमेकांस चिकटवून धरा व त्याच वेळी दुसऱ्या कोणास तरी विरोधकातील तबकड्या हळू हळू जवळ सरकवून विद्युत विरोध कमी करण्यास सांगा. मात्र तबकड्या एकमेकांस स्पर्श करतील इतक्या जवळ आणू नका बरं?

विरोधकांतील तबकड्या जवळ आणल्या जात असता कार्बनच्या कांड्यांची चिकटविलेली टोके किंचित दूर करणे व पुन्हा एकमेकांस चिकटविणे अशी क्रिया पुन्हा पुन्हा करा. टोके बाजूला केली असता ती तापून पांढरी शुभ्र झालेली व प्रखर पांढरा शुभ्र उजेड देत असलेली दिसतील. (सूचना - हा प्रयोग करीत असताना काळ्या काचांचा चष्मा-गॉगल्यस वापरणे इष्ट असते.) यानंतर विरोधकातील तबकड्या थोड्या जवळ आणून विरोध कमी करा. त्यामुळे विद्युतप्रवाहाची शक्ती वाढेल. याच वेळी कार्बनच्या कांड्यांची टोके एकमेकांपासून दूर करून सुमारे ३ मिलीमीटर अंतरावर ठेवा म्हणजे अगदी प्रखर पांढरा शुभ्र उजेड पडलेला दिसेल. हा प्रयोग अशा प्रकारे यशस्वी होईपर्यंत पुन्हा पुन्हा करून पहा. अशा रीतीने विद्युतप्रवाहाचा उपयोग करून प्रखर उजेड मिळविता येतो. कार्बनच्या कांड्यांच्या टोकांपैकी एखाद्या टोकाकडील कार्बन झिजून जातो का पहा. टोकांमधील मोकळ्या जागेतून विद्युतप्रवाह कशामधून वाहून नेला जातो? धरामध्ये अशा प्रकारचे दिवे वापरणे कितपत सोईचे होईल याचा विचार करा.

प्रकाशाच्या अभ्यासाकरिता प्रयोग व साहित्य

अ) प्रकाशकिरणांचा मार्ग सरळ रेषेत असतो.

१) मार्ग तयार करणे.

धूळ असलेल्या रस्त्यावर किंवा वाळू असलेल्या नदीच्या किंवा समुद्राच्या किनाऱ्यावर उभे रहा. तुमच्यापासून दूर असलेल्या एका वस्तूवर तुमची दृष्टी स्थिर करा. ही दृष्टीची रेषा न बदलता त्या वस्तूकडे चालत जा. तुमच्या पावलांच्या ठशांनी तयार झालेला मार्ग पहा. तो सरळ रेषेत असलेला दिसेल.

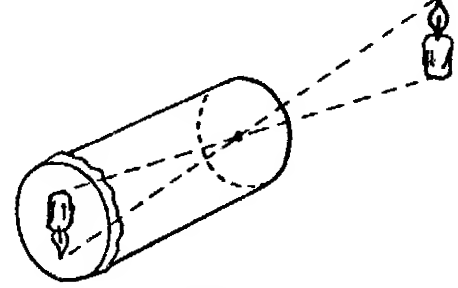
२) दोरीचा प्रयोग

सुमारे २५ मी. लांबीची एक दोरी घ्या. तिचे एक टोक एका खांबाला किंवा झाडाला घट्ट बांधा. दुसरे टोक हातात धरून दोरी सरळ व ताठ करा. या टोकाच्या पातळीत तुमचा डोळा आणा व समोर दोरीच्या रेषेत पहा. तुम्हास दोरी बांधलेली जागा स्पष्ट दिसेल. दोरीपेक्षा निराळ्या दिशेने तुम्ही पाहिलेत तर बांधलेली जागा तुम्हास दिसणार नाही. यावरून डोळ्यांच्या सरळ रेषेत असलेल्या पदार्थापासून आलेले प्रकाशकिरण डोळ्यांमध्ये बरोबर जातात हे सिद्ध होते.

३) कार्डाचा प्रयोग

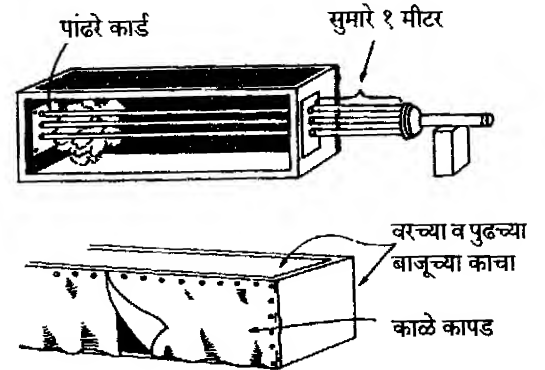
१० सें.मी. चौरस मापाचे चार कार्डबोर्डचे तुकडे कापून घ्या. प्रत्येक तुकडा सरळ ताठ राहिल अशा बेताने एकेका लहान लाकडी ठोकळ्याला बसवा. प्रत्येक तुकड्याला समान उंचीवर एक लहानसे छिद्र पाडा. हे तुकडे तुकड्याला समान उंचीवर एक लहानसे छिद्र पाडा. हे तुकडे तुकडे एकापुढे एक ठेवले सर्व छिद्रे एका सरळ रेषेत आली पाहिजेत. आता हे तुकडे ३० सें.मी. अंतरावर एकापुढे एक ठेवा. पहिल्या छिद्रापुढे पेटविलेली मेणबत्ती ठेवून शेवटच्या छिद्रातून पहा. सर्व छिद्र सरळ रेषेत असल्यामुळे मेणबत्तीची ज्योत दिसते. आता एक कार्डबोर्डचा तुकडा थोडासा बाजूला सरकवून शेवटच्या छिद्रातून पुन्हा पहा. ज्योत दिसते का? नसल्यास का दिसत नाही? यावरून काय सिद्ध होते?

४) सूक्ष्म छिद्राचा प्रतिमाग्राहक (कॅमेरा)



दंडगोलाकृती (सिलिंडर) पत्र्याच्या डब्याचा प्रतिमाग्राहक तयार करता येईल. डब्याच्या तळाशी मध्यावर एक सूक्ष्म

छिद्र पाडा. झाकणाच्या ऐवजी त्याच्या तोंडावर एक पातळ कागद (टिशू पेपर) बसवा. आता एका अंधाऱ्या खोलीत सूक्ष्म छिद्रापुढे काही अंतरावर एक पेटविलेली मेणबत्ती ठेवा. कागदावर प्रतिमा कशी दिसते ते पहा. यावरून प्रकाश किरणांचा मार्ग सरळ रेषेत असतो हे कसे दाखविता येईल?



५) प्रकाशकिरणांचा अभ्यास करण्याकरिता धुराची पेटी (स्मोक बॉक्स) तयार करणे.

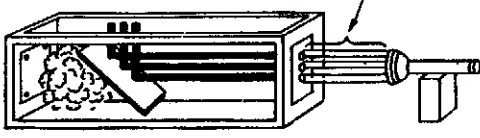
सुमारे ६० सें.मी. लांबीची व ३० सें.मी. रुंदीची एक लाकडी पेटी मिळवा किंवा तयार करा. पेटीच्या वरच्या बाजूस आणि पुढच्या बाजूस खिडकीच्या तावदानाची काच बसवा. आकृतीत दाखविल्याप्रमाणे मागील बाजू

मोकळी ठेवा व त्यावर पडद्याप्रमाणे काळे कापड सैलसर आच्छादन म्हणून घाला. पडद्याचे दोन भाग करून पेटीच्या मध्यावर सुमारे १ सें.मी. रुंदीपर्यंत दोन्ही भाग एकावर एक येतील असा तो बसवा. पेटीचा आतील भाग मंद काळ्या रंगाने रंगवा. पेटीच्या कडेला वरून खालून सारखे अंतर सोडून पुढे काचेपासून ८ किंवा १० सें.मी. अंतरावर १०X५ सें.मी. मापाची एक खिडकी पाडा. या खिडकीतून प्रकाशकिरण आत येतील. कार्डबोर्डचे तुकडे घेऊन त्यांना वेगवेगळ्या प्रकारे भोके पाडून त्यापैकी कोणताही एक खिडकीवर टेकसने बसविता येईल.

पहिल्या प्रयोगाकरिता एक काळ्या कार्डबोर्डचा तुकडा घेऊन त्यावर समान अंतरावर ५ मि.मी. व्यासाची तीन भोके पाडा. हा तुकडा खिडकीवर बसवा. धूप जाळून किंवा जळती उदबत्ती पेटीच्या एका कोपऱ्यात ठेवून धुराने भरून टाका. पावडर फुंकरीने उडवूनही चालेल. आता खिडकीपासून १ मीटर अंतरावर बॅटरी ठेवा. तिचे बटण दाबल्याबरोबर तिच्यापासून निघालेले समांतर प्रकाशकिरण खिडकीतून पेटीत जातील अशी योजना करा. धुरामुळे पेटीतील प्रकाश किरणांचा मार्ग स्पष्ट दिसेल. त्यावरून प्रकाशकिरणांचा मार्ग सरळ रेषेत असतो हे सिद्ध होते का पहा.

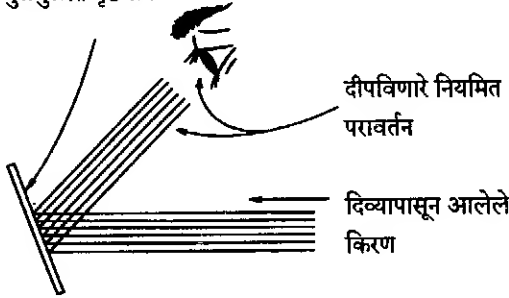
आ. प्रकाशाचे परावर्तन (रिफ्लेक्शन)

१) धूर असलेल्या पेटीमध्ये नियमित (रेग्युलर) परावर्तन
सुमारे एक मीटर



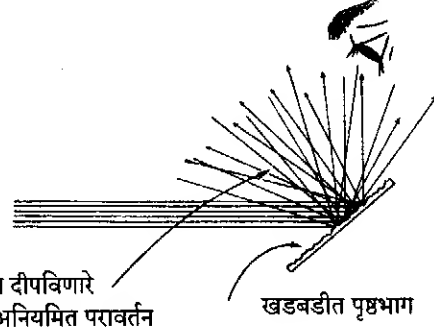
वरील प्रयोगातील पेटी धुराने भरा. खिडकीच्या तीन छिद्रांमधून प्रकाशकिरण आत जाऊ द्यात. आता पेटीमध्ये एक सपाट आरसा ठेवा. त्यावर प्रकाशकिरण पडल्यानंतर त्यांचे परावर्तन होईल. परावर्तनानंतर प्रकाशकिरण सरळ मार्गाने जात असलेले दिसतील. ते इतस्ततः पसरणार नाहीत. अशा प्रकारच्या परावर्तनाला नियमित परावर्तन (रेग्युलर रिफ्लेक्शन) म्हणतात.

२) धूर असलेल्या पेटीत अनियमित (डिफ्यूज) परावर्तन
गुळगुळीत पृष्ठभाग



काचेवर एक स्वच्छ सेलोफेनचा तुकडा पसरून ठेवा. त्यावर लोखंडी धाम्याच्या लोकरीने घासून, त्याचा पृष्ठभाग खरखरीत व दिसण्यात मंद असा तयार करा. नंतर हा

तुकडा काचेवर डिकाने किंवा रबरी पट्ट्यांनी बसवा. आता ही काच वरील प्रयोगाप्रमाणेच पेटीत असलेल्या प्रकाशकिरणांमध्ये धरा व किरणांवर काय परिणाम होतो ते पहा. मागील



प्रयोगातील परिणामांशी याची तुलना करा. परावर्तनानंतर प्रकाशकिरण वाटेल तसे पसरले म्हणजे त्याला अनियमित परावर्तन म्हणतात. आरशामुळे नियमित परावर्तन झाल्यानंतर मिळणारे प्रकाशकिरण आणि सेलोफेनमुळे अनियमित परावर्तन झाल्यामुळे मिळणारे प्रकाशकिरण तुमच्या डोळ्यांवर पडतील असे उभे रहा. दोन्ही वेळा तुम्हास काय अनुभव येतो व कोणता फरक वाटतो ते सांगा.

३) रबरी चेंडू आणि परावर्तन

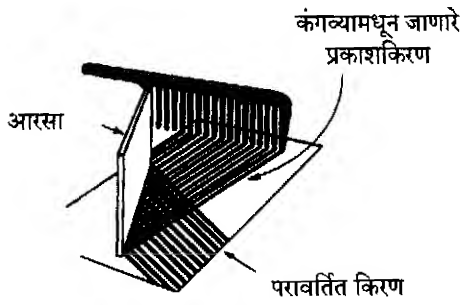
भिंतीवर किंवा जमिनीवर चेंडू आपटला असता तो परत कसा येतो ते पहा. सरळ आणि तिरकस दिशेने आपटला असता तो कसकशा रीतीने परत उडतो याचा अभ्यास करा. चेंडू आपटण्याचा फोन व त्याचा उशी

घेण्याचा फोन नीट लक्षात घेऊन त्यामध्ये काही संबंध आढळून येतो किंवा काय ते पहा.

४) आरशांमुळे परावर्तन

खोलीत सूर्याच्या किरणांचा कवडसा जमिनीवर पडत असेल त्या ठिकाणी एक सपाट आरसा ठेवा. त्या आरशावर जेथे किरण बरोबर पडतात तेथे एक पेय पिण्याची गवताची काडी सरळ उभी धरा. नंतर आरशावर पडणाऱ्या किरणाने या नळीशी केलेला कोन आणि परावर्तन पावलेल्या किरणाने या नळीशी केलेला कोन यांची परस्परांशी तुलना करा.

५) परावर्तित प्रकाशकिरणांची किरणशलाका (बीम) तयार करणे.



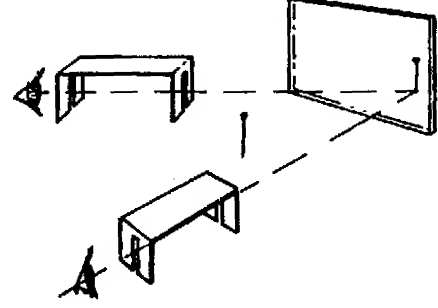
एक पांढरा कार्डबोर्डचा तुकडा घ्या. त्यावर पडणाऱ्या सूर्याच्या प्रकाशकिरणांमध्ये एक कंगवा धरा. कंगव्यांतून येणारे किरण निदान काही सेंटीमीटर लांब मिळतील अशा तऱ्हेने कार्डबोर्ड कलता करा.

या किरणांच्या मार्गात एक आरसा तिरपा धरा. किरण आरशावर ज्या कोनामधून पडतात, त्याच कोनामधून परावर्तन पावतात, असे दिसून येईल. आता आरसा कमी-जास्त कोनामधून फिरवा. त्यामुळे परावर्तित किरणांच्या दिशेत कसा बदल होतो ते पहा.

६) परावर्तित किरणांचा अभ्यास करण्याकरिता साइटिंग स्टूल (दिशादर्शक बाक) तयार करणे.

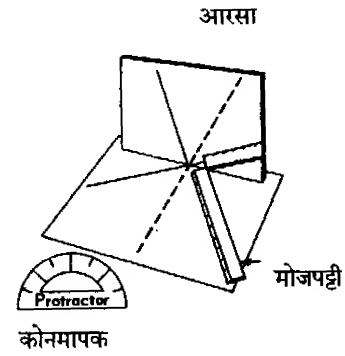
टाचण्या वापरून प्रकाशासंबंधीचे प्रयोग करण्याची पद्धत हल्ली फारशी प्रचारात नसली तरी या पद्धतीने अचूक निर्णय घेता येतात. वस्तू म्हणून आणि प्रकाश किरणांचा मार्ग दाखविण्याकरिताही टाचण्याच वापरल्यामुळे लहान मुलांचा घोटाळा होतो. परंतु सुरुवातीच्या प्रयोगांमध्ये किरणांचे मार्ग पाहण्याकरिता साइटिंग स्टूले वापरली की

हा घोटाळा कमी होऊ शकतो. एक १२ सें.मी. लांब आणि १.५ सें.मी. रुंद पत्र्याचा तुकडा घ्या. आकृतीत दाखविल्याप्रमाणे तो दोन्ही बाजूस वाकवून स्टूल तयार करा. वाकविलेले भाग स्टूलाचे पाय होतील. स्टूलाच्या



प्रत्येक पायामध्ये धातू कापण्याच्या करवतीने एक उभी चीर पाडा. अशी दोन स्टूले तयार करा. वस्तू म्हणून टाचणीचा उपयोग करा. स्टूलाच्या फटीमधून वस्तूची आरशातील प्रतिमा पहा. प्रकाशकिरणाचा मार्ग दाखविण्याकरिता पेन्सिलीच्या खुणा करा.

७) परावर्तनाचे नियम

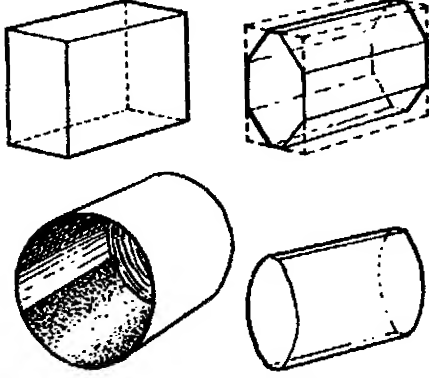


पट्टीने एका कागदावर तुटक रेषा काढा. या रेषेशी काही कोन करून एक सरळ अखंड रेषा काढा. या दोन रेषा जेथे मिळतात, तेथे एक लहानसा आरसा उभा धरा. आता हा आरसा इतका फिरवा की तुटक रेषा व तिची आरशातील प्रतिमा एका ओळीत येतील. या नंतर अखंड रेषेची आरशातील प्रतिमा पहा व तिच्याच ओळीत पट्टीची एक कड येईल अशी ती पट्टी आरशाला चिकटवून ठेवा. ही कड पेन्सिलीने कागदावर काढा. तुटक रेषेच्या दोन्ही बाजूस झालेले कोन कोनमापकाने मोजा.

प्रत्येक वेळी कोन बदलून हा प्रयोग बरेच वेळा करा.

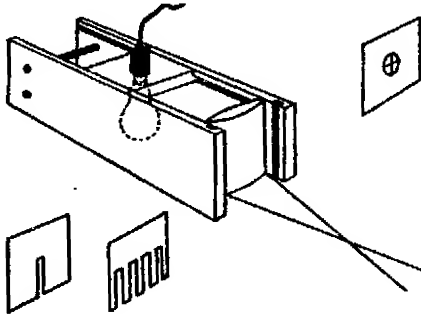
त्यावरून कोनासंबंधीचा निष्कर्ष काढा. प्रकाशकिरण आरशावर ज्या कोनामधून पडतो, त्याच कोनामधून तो परावर्तित होतो असे दिसून येईल.

८) किरण-पेटीत बसविण्याकरिता दंडगोलाकृती भिंग तयार करणे.



५x३x६ सें.मी. मापाचा पर्सपेक्स किंवा ल्यूसाईटचा एक चौकोनी तुकडा घ्या. त्याच्या कडा कानशीने घासा. आता एका दंडगोलाकृती डब्याच्या आतील बाजूस एमरीचा कागद चिकटवून त्यामध्ये वरील तुकडा घाला व डबा सारखा फिरवा. म्हणजे त्याचा पृष्ठभाग चांगला घासला जाईल. शेवटी मेटल-पॉलिशने व कॉटन बुलने पॉलिश करा.

९) प्रकाश किरणशलाका मिळविण्याकरिता किरण पेटी (रे-बॉक्स) तयार करणे.

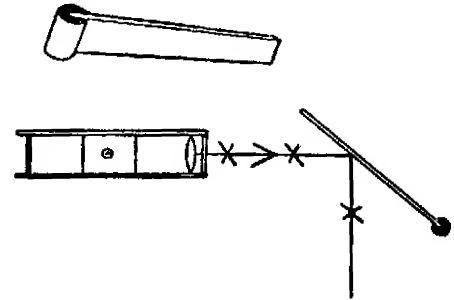


वर वर्णन केलेल्या भिंगांचा उपयोग किरण-पेटीमध्ये करता येईल. ही पेटी म्हणजे २२ x ६ सें.मी मापाच्या दोन लांबट फळ्या दोन्ही टोकांना आटे असलेल्या सळईने (२ बी.ए. रॉड) एकमेकांसमोर बसविलेल्या असतात. पेटीला तळ नाही. प्रयोगाच्या वेळी एका बोर्डवर टाचण्यांनी

कागद बसवून त्यावर या फळ्या ठेवलेल्या असतात. प्रकाशाकरिता १२ व्होल्ट व २४ वॅटचा दिवा वापरतात. फळ्यांच्या वर असलेल्या खोबणीत एक सरकती फळी ठेवून तिला एक भोक पाडावे. त्यामध्ये पितळेची शेंबी बसवावी व या शेंबीत वरील दिवा बसवावा. भिंगाच्या पुढच्या बाजूस पाडलेल्या खोबणीचा उपयोग पडद्याचे कार्ड किंवा फिल्टरच्या काचा घालण्यास होईल. एक कट पाडलेले कार्ड वापरले तर अरुंद किरणशलाका मिळेल आणि रंगाच्याची रंगविण्याची फणी किंवा मागावरील सुताची फणी वापरली तर किरणांचा जुडगा (किरणशलाका) मिळू शकेल. वरची सरकती फळी पाहिजे तशी सरकवून क्षीयमाणांतर (कान्हरजंट), समांतर (पॅरलल) किंवा वर्धमानांतर (डायव्हरजंट) किरणशलाका (बीम्स) मिळविता येतील. सपाट आरसा, काचेचा ठोकळा किंवा चीप) आणि लोलक वापरून प्रकाश किरणांसंबंधीचे सर्व प्रयोग करता येतील. पत्र्याचा वर्तुळाकार तुकड्याचा कॉस्टिक कव्हरसारखा (दुहेरी चंद्रकोर) उपयोग होईल.

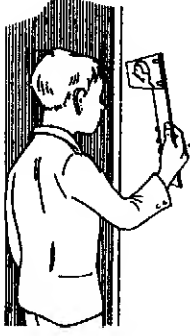
भिंग वापरताना आणि वक्रीभवनासंबंधीचे प्रयोग करताना दिवा पेटीमध्ये शक्य तितका खाली करावा म्हणजे मध्ये ठेवलेल्या वस्तूच्या वरून प्रकाशकिरण पलीकडे जाणार नाहीत. एका कार्डास मध्यावर भोक पाडून त्यामध्ये फुलीसारखी (+) तार बसवावी. हे कार्ड भिंगासंबंधीचे प्रयोग करताना त्याच्यापुढे ठेवावे.

१०) किरण-पेटीचा उपयोग करून परावर्तनाचे नियम पडताळून पाहणे.



खाच पाडलेले बूच किंवा पेपरक्लिपचा उपयोग करून लहानसा आरशाचा तुकडा सरळ उभा ठेवण्याची व्यवस्था करता येईल. किरणांचा मार्ग कागदावर फुल्यांनी दाखविता

येईल. या फुल्या पेन्सिलीने जोडून पतनकिरण, परावर्तित किरण व लंब यांची दिशा कागदावर दाखविता येईल.

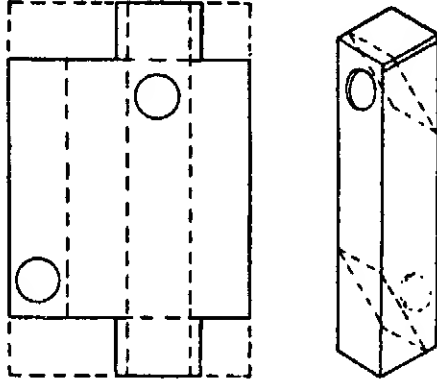


११) काठीवरील आरसा

फूटपट्टीच्या एका टोकाला पेपर क्लिपने लहानसा आरसा बसवा. दरवाजाच्या एका बाजूला उभे राहून हा आरसा बाहेरच्या बाजूस हातात उभा धरा. परावर्तित किरणांमुळे पलीकडच्या बाजूचे कसे दिसू शकते याचे स्पष्टीकरण द्या.

१२) पेरिस्कोपचा नमुना तयार करणे.

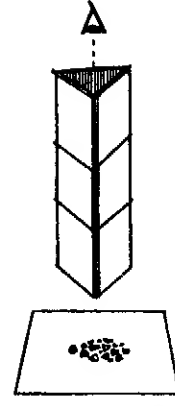
एक पोस्टकार्ड घ्या. त्याच्या लांबीच्या बाजूने २ सें.मी अंतरावर व एकमेकांस समांतर तीन खाचा पाडा. त्यामुळे कार्डावर चार पट्टे तयार होतील. आकृतीत दाखविल्याप्रमाणे कार्डाच्या दोन्ही टोकांना २ सें.मी. रुंदीचे काप घ्या. नंतर घड्या घालून कार्डाची चौकोनी पेटी तयार



करा. आकृतीत दाखविल्याप्रमाणे वर आणि खाली पेटीला भोके पाडा. या भोकांच्या समोर प्लॅस्टिसीन किंवा चिकटपट्टीच्या साहाय्याने एकेक लहान आरसा बसवा.

१३) शोभादर्शक (कॅलिडोस्कोप) तयार करणे.

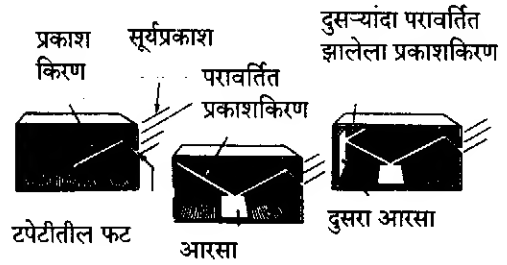
१०x३ सें.मी मापाचे दोन आरसे व तेवढ्यात मापाचा एक कार्डबोर्डचा तुकडा रबरी पट्टीने किंवा चिकटपट्टीने एकत्र बांधा. अशा प्रकारे तयार झालेल्या तिकोनी लोलकामधून (प्रिझम) खाली पहा. खाली ठेवलेल्या वस्तूच्या वेगवेगळ्या नियमित आकृती दिसतील. पारा लावलेल्या काचा (आरसे) मिळाल्या नाहीत तर साध्या काचांना बाहेरील बाजूस काळा रंग लावून त्यांचाही



आरशासारखा उपयोग करता येईल.

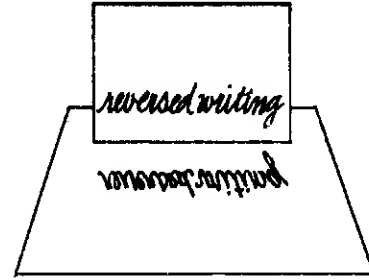
१४) दुहेरी परावर्तन

कार्डबोर्डच्या लहानशा पेटीच्या एका बाजूच्या मध्यावर



वरपासून तळापर्यंत सुमारे १ सें.मी. रुंदीची एक फट पाडा. नंतर ही पेटी लांब बाजूवर प्रखर सूर्यप्रकाशात अशी ठेवा की, फटीतून आत येणारे किरण आकृतीत दाखविल्याप्रमाणे पेटीच्या तळाला लागून पडतील.

१५) उलटे लिखाण



कार्बन पेपरचा एक तुकडा काळा भाग वर करून टेबलावर ठेवा. या कागदावर एक पांढरा कागद ठेवून त्यावर काहीतरी लिहा. म्हणजे कागदाच्या मागच्या बाजूवर उलटे लिखाण दिसेल. हे लिखाण आरशासमोर धरले असता आरशात हे लिखाण सुलटे दिसेल. तसेच

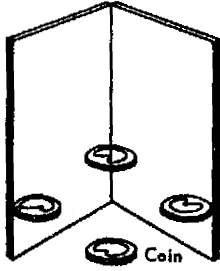
आरशासमोर बसून एका कागदावर पेन्सिलीने काहीतरी लिहा. याच वेळी आरशात पाहून पेन्सिलीची हालचाल कशी होते ते पहा.

१६) घड्याळाची तबकडी व आरसा

दोन आरशांच्या कडा एकमेकांस चिकटवून हे आरसे काटकोनात ठेवा. या कडा चिकटपट्टीने एकमेकीस चिकटवा. घड्याळाच्या तबकडीची मध्यरेषा जोडलेल्या कडांच्या समोर येईल अशा बेताने हे घड्याळ आरशासमोर ठेवा. प्रतिमेचे निरीक्षण करा. एकाच आरशात दिसणाऱ्या घड्याळाच्या प्रतिमेशी या प्रतिमेची तुलना करा.

१७) परावर्तनाने पुष्कळ पैसे निर्माण करणे.

दोन आरशांच्या कडा चिकटवा व आकृतीत दाखविण्याप्रमाणे उभे ठेवा. या दोन आरशांच्यामध्ये एक नाणे ठेवा व त्याच्या किती प्रतिमा दिसतात ते पहा. आरशामधील कोन कमी जास्त करून प्रतिमांची संख्या वाढविता येते का पहा. नाण्याऐवजी पेटलेली मेणबत्ती ठेवून प्रतिमा किती व कशा दिसतात ते पहा.



१८) समांतर आरशांमधील परावर्तन

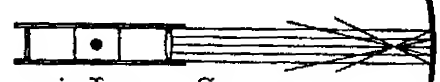
दोन आरसे टेबलावर असे उभे ठेवा की त्यांचे परावर्तक

पृष्ठभाग एकमेकांसमोर येतील. त्यांच्यामध्ये एक नाणे किंवा पेटविलेली मेणबत्ती ठेवा. एका आरशात बघून किती प्रतिमा दिसतात ते पहा. तसेच दुसऱ्या आरशात पहा.

१९) किरण-पेटीचा उपयोग करून अंतर्गोल

आरशामुळे होणाऱ्या परावर्तनाचा अभ्यास

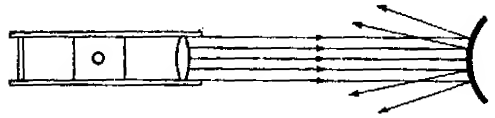
नवव्या प्रयोगात तयार केलेली किरण-पेटी घ्या.



पत्र्याचा अंतर्गोल तुकडा किंवा एखाद्या धातूच्या कड्याचा लहानसा तुकडा घ्या. त्याच्या चकचकीत पृष्ठभागावर समांतर किरण पाडून त्याचे केंद्रांतर (फोकल लेंग्थ) निश्चित करता येईल.

२०) बहिर्गोल आरशामुळे होणारे परावर्तन

एक बहिर्गोल आरसा घ्या. वाहनाच्या पुढच्या



बाजूच्या दिव्यास लावतात तसला चालेल. किरण-पेटी वापरून या आरशावर समांतर किरण पाडा व त्यांचे परावर्तन कसे होते ते पहा. सपाट आरसा आणि अंतर्गोल आरसा यांमुळे होणाऱ्या परावर्तनाशी या परावर्तनाची तुलना करा.

इ. प्रकाशाचं वक्रीभवन आणि त्याचे उपयोग

१) काठी वाकलेली दिसते.

एक उभट काचेचे भांडे घेऊन ते काही उंचीपर्यंत पाण्याने भरा. पाण्याच्या पृष्ठभागाच्या वर काही भाग राहिल अशी एक काठी भांड्यात ठेवा. आता काठी जेथे पाण्यात शिरते तेथे ती वाकल्यासारखी दिसते का पहा. याचे कारण प्रकाशकिरण पाण्यामधून हवेत शिरताना त्यांचे वक्रीभवन होते व ते वाकतात हे आहे. पाण्यापेक्षा हवेमध्ये प्रकाशकिरण जलद गतीने जातो. त्यामुळे प्रकाशकिरण एका माध्यमातून दुसऱ्या माध्यमात जाताना त्याची दिशा किंचित बदलते व तो वाकलेला दिसतो.

२) प्रकाशकिरणांचे वक्रीभवन

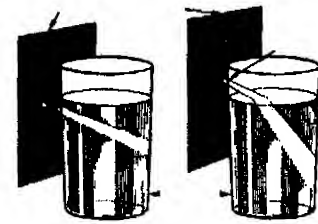
काचेच्या पेल्यामध्ये पाणी घेऊन त्यामध्ये दुधाचे काही

थेंब टाका. त्यामुळे पाणी पांढरट होईल. एक काळ्या रंगाचा कागद किंवा कार्डबोर्डचा तुकडा घेऊन त्यास एक मध्यावर छिद्र असलेला

काळा काद

पाण्याच्या पृष्ठभागावर छिद्र

पाण्याच्या पृष्ठभागाखाली छिद्र



दुधाचे तीन थेंब टाकलेले पाणी असलेला काचेचा पेला

छिद्र पाडा. आता पाणी भरलेला पेला सूर्यप्रकाशात ठेवा. पेल्यापुढे कार्डबोर्डचा तुकडा ठेवा. छिद्रामधून

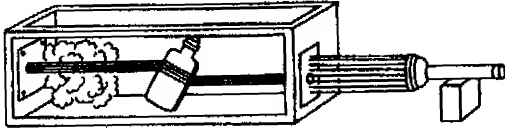
सूर्यप्रकाशाचे किरण येऊन ते पेल्यावर पडतील. कार्डबोर्ड अशा प्रकारे धरा की, छिद्रामधून येणारा किरण पाण्याच्या पृष्ठभागाखाली पडेल. पाण्यामधून किरणाचा मार्ग कसा दिसतो ते पहा. आता प्रकाशकिरण पाण्याच्या पृष्ठभागावर पडेल या बेताने कार्डबोर्ड वर उचला. किरणाची दिशा कशी राहते ते पहा. प्रकाशकिरणाचा पाण्याच्या पृष्ठभागाशी होणाऱ्या कोनावर पाण्यातील किरणांची दिशा कशी अवलंबून असते ते प्रयोगाने निश्चित करा.

3) वक्रीभवन-बाटली तयार करणे.



औषधाची एक उभट मोठी बाटली (चौकोनी मिळाल्यास चांगली) घेऊन तिच्या सर्व बाजूंना काळा रंग द्या. बाटलीच्या एका बाजूवर एक लहानसे वर्तुळ काढा व त्यातील रंग खरडून टाका. वर्तुळाच्या मध्यबिंदूपर्यंत बाटलीत पाणी भरा. बाटलीच्या वरच्या बाजूच्या काही भागावरील रंग काढून टाका व त्यावर प्रकाशकिरण पाडा. पाण्यामध्ये दुधाने १-२ थेंब टाकले म्हणजे प्रकाशकिरणाचा मार्ग जास्त स्पष्ट दिसेल. कोनमापकाने पतनकोन आणि वक्रीभवन कोन मोजा.

४) धूर भरलेली पेटी वापरून वक्रीभवन कसे होते ते पाहणे.



एक काळ्या कार्डबोर्डला ८ चौ. मि.मी. मापाचे छिद्र पाडून तो धूर-पेटीच्या खिडकीवर ('अ') विभागातील ५ वा प्रयोग) बसवा. पूर्वी केलेल्या प्रयोगाप्रमाणेच या कार्डबोर्डवर प्रकाशाचा झोत पाडा. काही किरण छिद्रामधून पेटीत जातील. आता एक चौकोनी बाटली पाण्याने भरा आणि हे पाणी हे पांढरट होण्याकरिता त्यामध्ये दुधाचे थेंब टाका किंवा चिमूटभर स्टार्च अगर पीठ मिसळा. बाटलीला बूच बसवा. पेटी धुराने भरा. प्रकाशकिरणांशी काटकोन करून बाटली किरणामध्ये धरा. पाण्यातील

किरणांची दिशा कशी राहते ते पहा. यानंतर बाटली वेगवेगळे कोन करून किरणांच्या मार्गात ठेवा. त्यामुळे किरणांच्या पाण्यातील मार्गावर काय परिणाम होतो ते पहा.

५) वक्रीभवनामुळे नाणे दिसू लागते.

टेबलावर एक चहाचा पेला ठेवा. पेल्याच्या तळाशी एक नाणे ठेवा. आता तुम्ही अशा ठिकाणी उभे रहा की तुमची दृष्टी आणि नाणे यांच्यामध्ये पेल्याची कड जेमतेम येईल व नाणे दिसणार नाही. ही जागा निश्चित झाल्यावर दुसऱ्या कोणाला तरी पेल्यामध्ये पाणी ओतावयास सांगा. काय दिसून येते? त्याचे कारण काय?

६) प्रकाशकिरणांवर लोलकाचा परिणाम

वरील चवथ्या प्रयोगातील धुराची पेटी उपयोगात आणा. पेटीत आलेल्या एका प्रकाशकिरणांच्या मार्गात लोलक धरा व किरणांवर काय परिणाम होतो ते पहा.

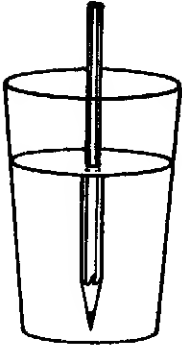
७) प्रकाशकिरणांवर भिंगांचा परिणाम

जुने चष्मे किंवा प्रकाशयंत्रे यांमधील काचांचा उपयोग भिंगांचा प्रयोगासाठी होईल. बारीक अक्षर वाचण्याकरिता वापरतात तसली भिंगे किंवा साध्या सूक्ष्मदर्शक यंत्रांतील भिंगेही उपयोगी पडू शकतील.

तीन छिद्रे पाडलेला कार्डबोर्डचा काळा तुकडा धूरपेटीच्या खिडकीवर बसवा. तीन छिद्रे समान अंतरावर पाडलेली असावीत. मात्र कडेच्या दोन छिद्रांमधील अंतर भिंगांच्या व्यासापेक्षा थोडे कमी असावे. पूर्वीच्या प्रयोगाप्रमाणेच प्रकाशाचा झोत पाडून पेटीत प्रकाशकिरण येतील अशी व्यवस्था करा. पेटी धुराने भरा. पेटीतील तीन किरणांच्या मार्गात बाह्यगोल भिंगे असे धरा की, मधला किरण भिंगाच्या मध्यावर पडेल. भिंगाच्या दुसऱ्या बाजूस प्रकाशकिरण कसे जातात ते पहा. कोणता परिणाम दिसून येतो?

आता अंतर्गोल भिंगे वापरून हाच प्रयोग करून पहा. या प्रयोगात निदर्शनास येणाऱ्या गोष्टींची वरील ६ व्या प्रयोगात आढळणाऱ्या गोष्टींशी तुलना करा. दोन लोलक त्यांचा पाया एकमेकांस चिकटवून बसविले असता बाह्यगोल भिंगे तयार होते का पहा. तसेच दोन लोलक त्यांचे टोकदार भाग एकमेकांस चिकटवून बसविले असता अंतर्गोल भिंगे तयार होते का पहा.

८) भिंगामुळे वस्तू मोठी कशी दिसते?

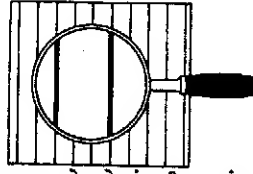


एका काचेच्या पेल्यात पाणी घ्या. पाण्यामध्ये एक पेन्सिल किंवा बोट धरून पेल्याच्या बाजूने त्याकडे पहा. पेन्सिल किंवा बोट मोठे दिसते का? मासे ठेवावयाच्या भांड्यामध्ये तळाशी असलेला मासा वरून आणि बाजूने पहा. भांड्याची काच आणि पाणी यांमुळे मासा मोठा दिसतो का? काचेच्या वर्तुळाकार भांड्यामध्ये

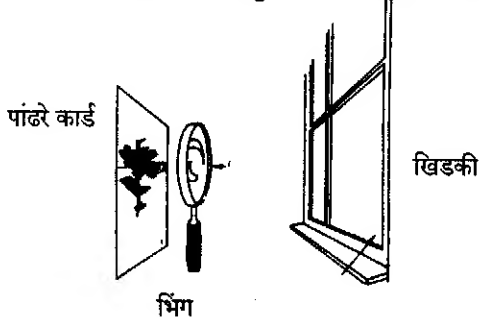
ऑलिव्ह जातीची फळे किंवा इतर वस्तू ठेवून त्या काचेतून पहा. मोठ्या दिसतात का? स्वच्छ काचेच्या गोट्यांचा परिणाम भिंगाप्रमाणेच होतो.

९) भिंगाची वर्धन-शक्ती (मॅग्निफाइंग पॉवर) कशी मोजावी?

एक आखीव कागद घ्या. त्यावरील रेषा स्पष्ट दिसतील इतक्या अंतरावर भिंग धरा. कागदावरील दोन रेषांमधील अंतर आणि भिंगामधून दिसणाऱ्या दोन रेषांमधील अंतर यांची परस्परान्शी तुलना करा. आकृतीत भिंगामुळे तिप्पट वर्धन झालेले दिसत आहे.

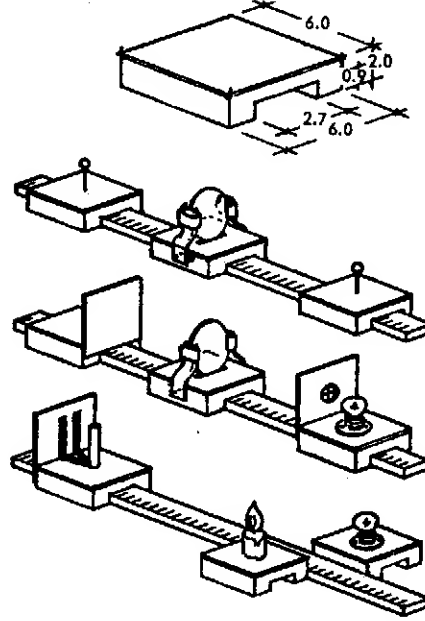


१०) बाह्यगोल भिंगामुळे प्रतिमा कशी दिसते?



एका खोलीची एक खिडकी उघडी ठेवा. इतर सर्व खिडक्यांना कांळे पडदे लावा. उघड्या खिडकीजवळ बाहेरील देखाव्यासमोर एक भिंग धरावयास सांगा. भिंगाच्या दुसऱ्या बाजूस एक पांढरा कागद इतक्या जवळ आणा की त्यावर बाहेरील देखाव्याची स्पष्ट प्रतिमा दिसेल. प्रतिमेच्या स्थितीसंबंधी काय दिसून येते?

११) भिंगांचा अभ्यास करण्याकरिता एक साधे उपकरण तयार करणे.



हे उपकरण (ऑप्टिकल बेंच) तयार करण्याकरिता एक पक्की बैठक, आरसे व भिंगे धरून ठेवण्याची व्यवस्था आणि अंतरे मोजण्याची योजना इतक्या गोष्टींची जरूरी आहे.

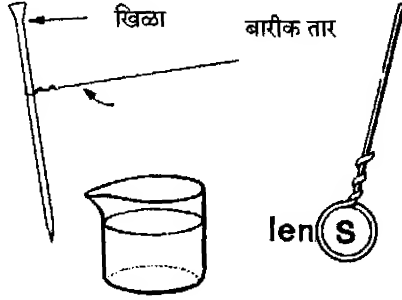
लाकडाची एक लांबट फळी घेऊन तीवर एक मीटर-पट्टी बसवावी. लाकडाचे काही चौकोनी ठोकळे घ्या. त्याच्या खालील बाजूस इतक्या रुंदीच्या खाचा पाडा की, ते लाकडी फळीवर बरोबर बसतील व मागे-पुढे सरकवता येतील. ठोकळ्यांच्या वरच्या पृष्ठभागावर बुचाचा थर किंवा कार्डबोर्डचा मऊ तुकडा डिकाने चिकटवून बसवा. म्हणजे त्यावर वस्तू किंवा प्रतिमा म्हणून टाचण्या सहज बसविता येतील. ठोकळ्यांच्या दोन्ही बाजूस पत्र्याच्या पट्ट्या बसवा. त्या भिंगांना धरून ठेवू शकतील. ठोकळ्यांच्या वरच्या पृष्ठभागावर खाच पाडली म्हणजे त्यामध्ये आरसा किंवा भिंग बसेल. त्याकरिता ठोकळ्यांच्या वर करवतीने काप घेऊन त्याची पटाशीने खाच बनविता येईल. पत्र्याच्या पट्ट्यांभोवती रबरी पट्ट्या बसविल्या म्हणजे भिंगाची पकड पक्की होईल.

लाकडी ठोकळ्यावर कार्डाचा पडद्यासारखा व बॅटरीतील बल्ब बसवून त्याचा उपयोग प्रकाशकिरण मिळविण्याकरिता होऊ शकेल. या प्रकारे अशा तऱ्हेची

अनेक उपकरणे तयार करावी म्हणजे एकाच वेळी पुष्कळ विद्यार्थ्यांना स्वतंत्रपणे प्रयोग करता येतील.

याच उपकरणाचा उपयोग करून प्रकाशासंबंधीचे अनेक प्रयोग (प्रकाशाचे विवर्तन-डिफ्रॅक्शन, व्यतिकरण-इंटरफिअरन्स) वगैरे करता येतील.

१२) साधे सूक्ष्मदर्शक यंत्र



एका खिळ्याभोवती तांब्याच्या तारेचा एकेरी वेढा देऊन तारेचे एक कडे तयार करा. हे कडे पाण्यात बुडवा व त्यामधून पहा. सूक्ष्मदर्शक यंत्राप्रमाणे परिणाम झाल्याचे दिसून येईल. छापील अक्षर जवळ चार किंवा पाच पट मोठे दिसेल.

१३) पाण्याच्या थेंबाचे सूक्ष्मदर्शक यंत्र

काचेचा एक चौकोनी तुकडा एका लहानशा वस्तूवर ठेवा. या वस्तूच्या वर येईल अशा बेताने काचेवर पाण्याचा एक थेंब काळजीपूर्वक टाका. आता डोळा थेंबाच्या जवळ नेऊन थेंब व काच या दोहोंमधून खालील वस्तू पहा. सूक्ष्मदर्शक यंत्राप्रमाणेच ती वस्तू मोठी दिसेल.

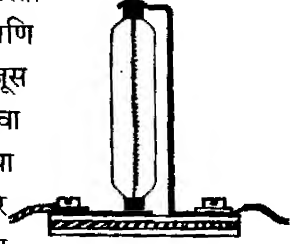
१४) संयुक्त सूक्ष्मदर्शक यंत्राचा (कांपाउंड मायक्रोस्कोप) नमुना

अकराव्या प्रयोगातील उपकरणावर एक कमी केंद्रांतराचे भिंग बसवा. भिंगाच्या एका बाजूस मध्यभागी वर्तुळाकृती भोकात तारांची फुली असलेले कार्ड (विंडो-स्क्रीन) ठेवून त्या कार्डामागे एक पेटविलेली मेणबत्ती ठेवा. भिंगाच्या दुसऱ्या बाजूला पांढऱ्या कार्डबोर्डचा एक तुकडा इतक्या अंतरावर ठेवा की, त्यावर फुलीची स्पष्ट प्रतिमा दिसेल. आता कार्डबोर्ड काढून टाका व तेथे किंचित जास्त अंतरावर एक बाह्यगोल भिंग ठेवा. नंतर दोन्ही भिंगांमधून तारेच्या फुलीकडे पहा. ती बरीच मोठी दिसेल.

१५) रिफ्रॅक्टिंग (वक्रीभवन) दुर्बिणीचा एक नमुना वरीलप्रमाणेच जास्त केंद्रांतर असलेले एक भिंग ऑप्टिकल बेंचवर (११ व्या प्रयोगातील उपकरणावर) बसवा. त्याचे टोक खिडकीकडे करा. मागील प्रयोगाप्रमाणेच भिंगाच्या दुसऱ्या बाजूस कार्डबोर्डचा पांढरा तुकडा अशा ठिकाणी धरा की, खिडकीबाहेरील दिसाव्याची स्पष्ट प्रतिमा त्यावर मिळेल. आता कार्डबोर्डच्या मागील बाजूस कमी केंद्रांतराचे भिंग असे ठेवा की, कार्डबोर्ड केंद्रांतराच्या किंचित आत येईल. कार्डबोर्ड काढून टाका व दोन भिंगांमधून दिसावा पहा.

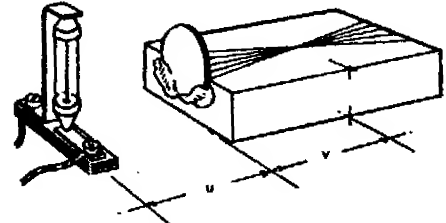
१६) रेषारूपाने प्रकाश देणारा दिवा

वाहतूक नियंत्रणाकरिता वापरता तसला आणि मोटारीच्या आतील बाजूस लावतात तसला विजेचा दिवा (फेस्टून बल्ब) प्रकाशाच्या प्रयोगाकरिता वापरला तर रेषात्मक प्रकाशकिरण



मिळतो. हा दिवा प्लायवूडच्या फळीवर चांगला बसविता येतो. फळीच्या दोन्ही बाजूंना पत्र्याच्या पट्ट्या खिळे ठोकून किंवा स्क्रूच्या साहाय्याने बसवाव्या. या पट्ट्यांच्या साहाय्याने विद्युतप्रवाहाची जोडणी करता येईल.

१७) भिंगापासून पदार्थाचे अंतर (यू) आणि प्रतिमेचे अंतर (व्ही) यांचा संबंध निश्चित करणे.



(यू) - भिंगापासून पदार्थाचे अंतर

(व्ही) - भिंगापासून प्रतिमेचे अंतर

एका लाकडी ठोकळ्याच्या पुढच्या बाजूस एक बाह्यगोल भिंग प्लॉस्टिसीनने घट्ट बसवा. त्याच्या पुढे वरील प्रयोगांतील दिवा ठेवा. भिंगाच्या दुसऱ्या बाजूस जेथे प्रकाशकिरण एकमेकांस छेदून जातील ती प्रतिमेची जागा होय. पदार्थाचे अंतर व प्रतिमेचे अंतर यांचा आलेख काढून

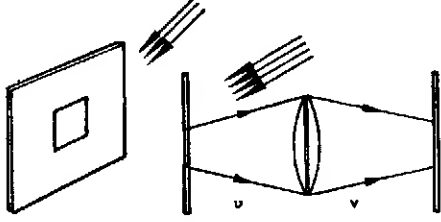
$$\frac{1}{y} + \frac{1}{v} = \frac{1}{k}$$

या सूत्राचे परीक्षण करता येईल.

म्हणजेच

$$\frac{1}{\text{पदार्थाचे अंतर}} + \frac{1}{\text{प्रतिमेचे अंतर}} = \frac{1}{\text{केंद्रांतर}}$$

१८) पदार्थाचे अंतर आणि प्रतिमेचे अंतर यांचा संबंध (प्रकाश-दिवा न वापरता)



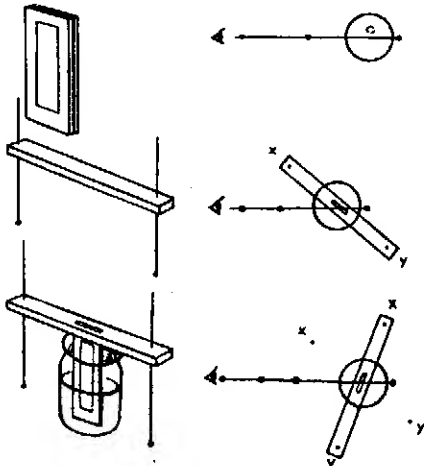
U = (य) - भिंगापासून पदार्थाचे अंतर

V = (व्ही) - भिंगापासून प्रतिमेचे अंतर

दिव्याऐवजी ५ सें.मी. चौरस मापाचा आरसा वापरावा. आरशाच्या मध्यावर एक चौरस सेंटिमीटर जागेवरील पारा काढून टाकावा. ही जागा म्हणजेच पदार्थ होय. प्रकाशाचा बाजूस आरशाचा परावर्तक पृष्ठभाग करावा. नंतर त्याच्या समोरील भिंगाच्या पलीकडे कार्डबोर्डचा तुकडा योग्य जागी ठेवला की स्पष्ट प्रतिमा मिळेल.

प्रतिमेचा आकार - या सूत्राचाही अभ्यास करता येईल. पदार्थाचा आकार

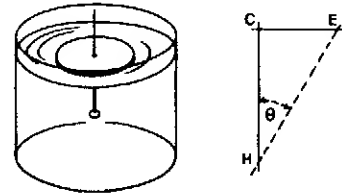
१९) व्यावर्तन कोन (क्रिटिकल अँगल)



सूक्ष्मदर्शक यंत्रात वापरतात तसल्या दोन काचेच्या पट्ट्या (स्लाइड) घ्या. 'आता कथलाच्या वर्खाचा (सिगारेट पेटीमधील 'चांदी' चालेल) चौकोनी तुकडा घ्या. त्याचा मधला चौकोन कापून टाकून एक चौकट (फ्रेम) बनवा. ती वरील दोन काचेच्या पट्ट्यांमध्ये ठेवून त्या द्रव राळने (कॅनडा बालसम) किंवा बॉस्टिक सीमेंटने पक्क्या सवा. म्हणजे काचेच्या पट्ट्यांमध्ये पातळ हवेचा थर असलेली चौकट (एअर सेल) तयार झाली. सुमारे १० सें.मी. लांबीच्या लाकडी फळीच्या खोबणीमध्ये ही चौकट व्यवस्थित उभी बसवा. या लाकडी फळीच्या दोन्ही बाजूंच्या टोकांत दोन लांब विणण्याच्या सुया खुपसून बसवा. या सूर्याचा दर्शक म्हणून उपयोग होईल.

आता टेबलावर एक कागद ठेवून त्यावर पाण्याने भरलेला काचेचा पेला (बीकर) ठेवा. या पेल्यावर वरील लाकडी फळी अशी ठेवा की, तिच्यामध्ये खुपसलेल्या सुया कागदावर जेमतेम टेकतील. अशा प्रकारे व्यावर्तन कोन मोजण्याचे उपकरण तयार झाले.

वरील उपकरण वापरताना प्रथम सुयांची खालील टोके व पेल्याचा व्यास यांमधून जाणारी रेषा मूळरेषा म्हणून निश्चित करावी लागते. त्याकरिता एका डोळ्याने पाहून आणखी एक टाचणी अगर सुई त्या रेषेत टेबलावर बसवावी. नंतर पूर्ण परावर्तन होईपर्यंत वरील फळी फिरवावी. पूर्ण परावर्तन होणाऱ्या फळीच्या दोन अवस्था मिळू शकतात. प्रत्येक वेळी सुयांच्या जागा फुली मारून खुणा कराव्या.



C- अ, H-ब, E-क

२०) पाण्याचा व्यावर्तन कोन मोजणे.

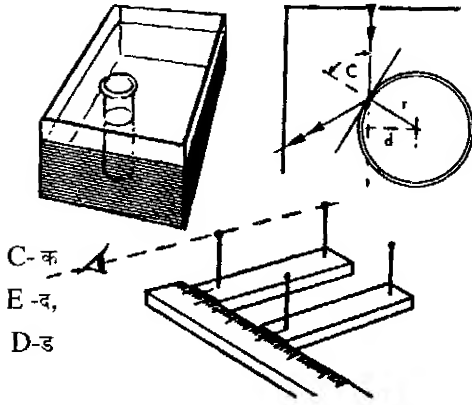
या प्रयोगाकरिता दुधाच्या बाटलीच्या वरच्या तोंडावर बसवितात तसला कार्डबोर्डचा वर्तुळाकार तुकडा व एक लांब टाचणी एवढे साहित्य लागते.

कार्डबोर्डच्या मध्यभागी टाचणी खुपसून बसवा. नंतर टाचणीचे डोके खाली राहिल अशा तऱ्हेने कार्डबोर्ड

पाण्यावर तरंगत ठेवा. आता पाण्यातील टाचणीला डोक्याकडे वरून पहा. टाचणीचे डोके दिसेनासे होईल. या अवस्थेमध्ये टाचणीच्या माध्यापासून निघालेल्या किरणाचे वक्रीभवन होते व तो किरण पाण्याच्या पृष्ठभागाच्या दिशेने जातो. त्यामुळे हा किरण डोळ्यांपर्यंत पोचत नाही. टाचणी वरखाली सरकवून तिचे डोके जेमतेम कार्डबोर्डच्या कडेमागे दिसेनासे होईल अशा अवस्थेमध्ये व्यावर्तन कोन प्रत्यक्ष मोजता येईल

किंवा अक ची किंमत काढून कोष्टकाच्या (टॅन्जंट टेबल्स) अन्न

साहाय्याने कोन निश्चित ठरविता येईल.



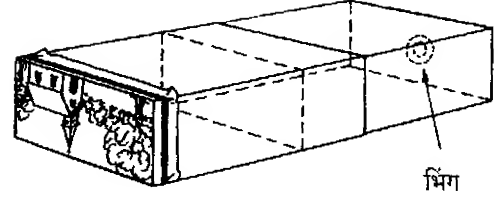
२१) व्यावर्तन कोनासंबंधी आणखी एक प्रयोग एक चौकोनी काचेचे भांडे घ्या. त्यामध्ये एक लहानशी नळी किंवा गोळ्यांची बाटली ठेवा. भांड्याच्या बाजूच्या काचेमधून पहा. नळीच्या मध्यावरील भागाचा बाह्यगोल भिंगासारखा परिणाम होईल. परंतु तिच्या कडा पारा लावलेल्या आरशासारख्या दिसतील.

किरणाच्या आकृतीवरून साइन $c = \frac{D}{R}$ असल्याचे स्पष्ट होईल.

दोन्ही अंतरे आकृतीत दाखविलेल्या उपकरणाने मोजता येतील. हे उपकरण म्हणजे एका फूटपट्टीला दोन पट्ट्या आडव्या बसविलेल्या असून त्यावर टाचण्या उभ्या टोचलेल्या आहेत. फूटपट्टी चौकोनी मांड्याच्या कडेला समांतर ठेवावी.

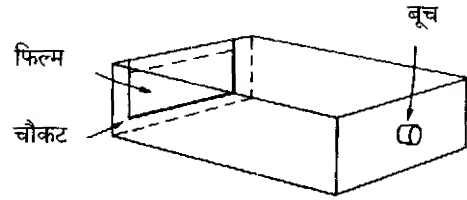
२२) कॅमेराचे कार्य कसे होते?

एकमेकांमध्ये घट्ट बसतील परंतु मागे-पुढे सरकविता येतील अशा दोन पेट्या घ्या. प्रत्येक पेट्याची एक बाजू काढून टाका. त्या बाजूकडून लहान पेट्या मोठ्या पेट्यात



सरकवा. आता एका पेट्याची बाहेरील बाजू काढून टाका व त्या ठिकाणी मेणवलेला (तेलकट) कागद बसवा. दुसऱ्या पेट्याच्या मागील बाजूला मध्यावर भिंगाच्या आकाराएवढे भोक पाडा व त्यामध्ये भिंग घट्ट बसवा. आता पेट्या मागे-पुढे सरकवून अशा ठिकाणी आणा की भिंगामुळे बाहेरील देखाव्याची स्पष्ट प्रतिमा मागील कागदावर मिळेल. अशा प्रकारे कॅमेऱ्याचा नमुना तयार करता येतो. प्रत्यक्ष कॅमेऱ्यामध्ये कागदाऐवजी फिल्म बसवितात.

२३) सूक्ष्म छिद्र प्रतिमा ग्राहकाने फोटो कसा काढतात?

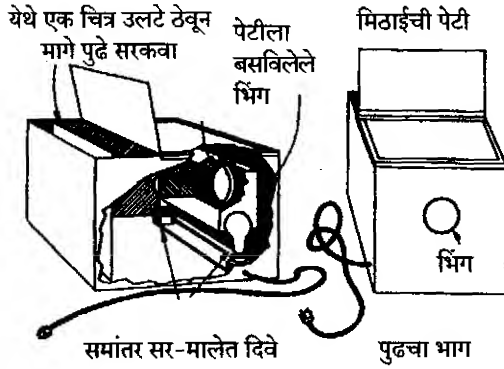


खडूची एक लाकडी चौकोनी पेट्या घ्या. त्यापासून याच प्रकरणातील 'अ' विभागाच्या चवथ्या प्रयोगात सांगितल्याप्रमाणे सूक्ष्म छिद्राचा प्रतिमाग्राहक तयार करा. पेट्याच्या आतील बाजूस काळा रंग द्या. पेट्याच्या पुढच्या बाजूच्या फळीच्या मध्यावर १ सें.मी. मापाचे एक भोग पाडा. या भोकावर पेट्याच्या आतील बाजूस धातूचा अगदी पातळ पत्रा बसवा. या पत्राच्या मध्यावर सुईने एक बारीक छिद्र पाडा. छिद्र वर्तुळाकार व अगदी मोकळे असावे. पेट्याच्या मागील बाजूस खाच असलेली एक चौकट बसवा. तीमध्ये फिल्म बसविता येईल. पेट्याच्या पुढील भोकामध्ये एक बूच घट्ट बसवा. आता पेट्या अंधान्या खोलीत नेऊन तिच्या मागील खाचांमध्ये एक फोटोची फिल्म बसवा व तिचा वरचा भाग झाकून टाका. आता पेट्या बाहेर आणा व ज्या देखाव्याचा फोटो काढावयाचा त्याकडे बूच करून पेट्या धरा. एक दोन सेकंदेच बूच काढा व पुन्हा घट्ट बसवा. पेट्या पुन्हा अंधान्या खोलीत नेऊन फिल्म काढून घ्या व ती डेव्हलप करा किंवा ती फिल्म काळ्या कागदात गुंडाळून

फोटोग्राफरच्या दुकानांत घा व डेव्हलप करून आणा.

२४) रंगीत चित्राकरिता प्रोजेक्टर तयार करणे.

आकृतीत दाखविलेल्या साहित्याचा उपयोग करून



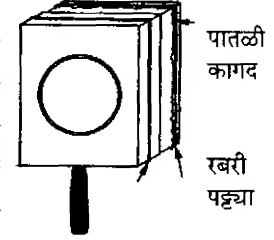
प्रोजेक्टर तयार करता येईल. प्रोजेक्टरमध्ये वापरावयाच्या भिंगाच्या केंद्रांतरापेक्षा थोड्या जास्त लांबीची एक पेटी घ्या. साधारपणे (भिंगावर उजेड न पडावा याकरिता) ३० ते ६० सें. मी. लांबीची पेटी घ्यावयास हरकत नाही. आकृतीत दाखविलेल्याप्रमाणे भिंगावर उजेड पडू नये म्हणून मिठाईची पेटी उपयोगात आणा. या पेटीच्या दोन्ही बाजूस समांतर सरमालेप्रमाणे दोन विजेचे दिवे बसवा. मोठ्या पेटीच्या झाकणाचा पुढील भाग चिकटपट्टीने पक्का बसवा. मागील भाग बिजागिरीने वर उचलता यावा.

आता पेटीमध्ये मागील बाजूस एक चित्र उलटे ठेवा. हे चित्र मागे-पुढे सरकवून त्याची स्पष्ट प्रतिमा समोरच्या भिंतीवर किंवा पडद्यावर मिळेल असे करा.

२५) देखावा पाहण्याचा साधा कॅमेरा

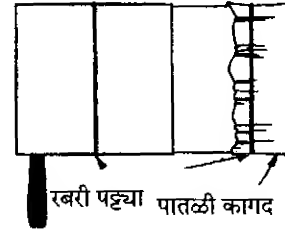
हा कॅमेरा खालीलप्रमाणे तयार करता येईल. मूठ

असलेले भिंग हातांत घरा व त्यामुळे समोरील टेकडीची किंवा झाडाची स्पष्ट प्रतिमा मिळेल तेथे एक कार्ड धरा. भिंग आणि कार्ड यांमधील अंतर मोजा. या



अंतरइतकीच उंची असलेली एक पेटी घ्या. पेटीच्या तळाशी मध्यावर भिंगापेक्षा थोडे लहान भोक पाडा. आता पेटीच्या तळावर भिंग व त्यावर कार्डबोर्डाचा तुकडा बसवून टाका. पेटीच्या वरच्या मोकळ्या तोंडावर पातळ कागदाचा (टिशू पेपरचा) तुकडा ताठ बांधून बसवा. अंधान्या खोलीत भिंग खिडकीच्या बाजूला करून पाहिले म्हणजे कॅमेऱ्याच्या पडद्यावर बाहेरील देखावा दिसेल.

२६) प्रतिमा केंद्रित करण्याची योजना असलेला कॅमेरा

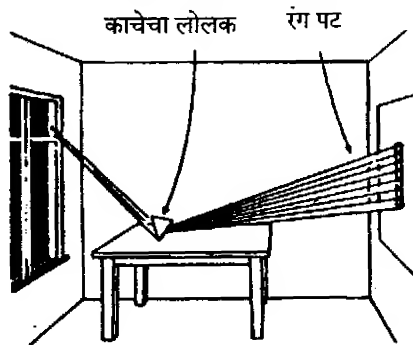


हा कॅमेरावरील २५ व्या प्रयोगात दिलेल्या पद्धतीप्रमाणे तयार करता येईल. एका पेटीत दुसरी पेटी बसवून ती मागेपुढे सरकविण्याची योजना

असेल, तर प्रतिमा स्पष्टपणे केंद्रित करणे शक्य होईल. वस्तू जितकी जास्त प्रकाशित असेल व मागील कागद जितका अंधारात असेल तितकी प्रतिमा जास्त स्पष्ट व चांगली मिळेल.

ई. रंगासंबंधीचे प्रयोग

१) सूर्यप्रकाशाचा रंग कोणता असतो?



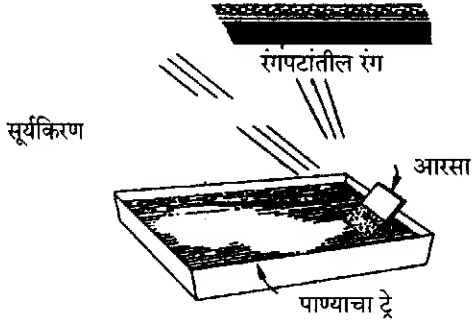
सूर्यप्रकाश आत घेता येईल अशा एका खोलीत अंधार करा. खिडकीच्या शेडला एक लहानसे भोक पाडा व त्यामधून सूर्यप्रकाशाचा किरण खोलीत येऊ द्या. या किरणामध्ये एक लोलक धरा. त्यामुळे दुसऱ्या बाजूला भिंतीवर किंवा छतावर एक रंगपट (स्पेक्ट्रम) दिसेल. सूर्यकिरणाच्या या रंगपटामध्ये किती रंग दिसतात? त्यांची नावे सांगता येतात का पहा.

२) रंगपटातील रंग एकत्र करणे.

लोलकामुळे मिळणाऱ्या रंगपटामध्ये एक भिंग धरा.

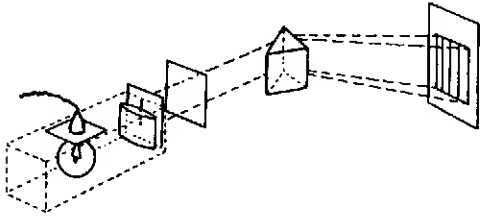
त्यामुळे भिंतीवर दिसणाऱ्या रंगपटावर काय परिणाम होतो ते सांगा.

३) रंगपट मिळविणाचा आणखी एक मार्ग



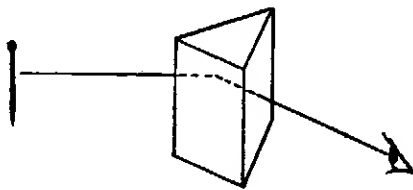
प्रखर सूर्यप्रकाशामध्ये पाण्याने भरलेला एक ट्रे ठेवा. या ट्रेच्या एका कडेला टेकवून एक लहानसा आरसा उभा ठेवा व हळूहळू जास्त कलता करीत रहा. एका विशिष्ट कोनात आरसा आला म्हणजे भिंतीवर रंगपट दिसेल.

४) किरण-पेटीचा उपयोग करून रंगपटाचा अभ्यास करणे.



किरण-पेटीचा उपयोग केला असता लोलकामुळे चांगले रंगपट मिळू शकतील. जिलेटिनचे किंवा वस्तू गुंडाळण्याकरिता वापरतात तसले रंगीत कागद उपयोगात आणून रंगासंबंधीचे प्रयोग करता येतील.

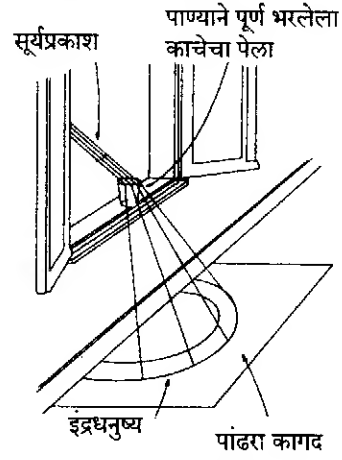
५) रेषांकित रंगपट पाहणे.



एक लहानशी फट तयार करण्याकरिता एका आरशाच्या मागील बाजूचा पारा टाचणीने किंचितसा खरडून काढा किंवा फोटोच्या दुध्या काचेवरील आवरण किंचितसे काढून टाका. या फटीच्याऐवजी एक टाचणी

ठेवून ती प्रकाशित करा व लोलकाच्या एका कडेला समांतर धरा. त्यामुळे रेषांकित रंगपट मिळेल.

६) इंद्रधनुष्य तयार करणे.

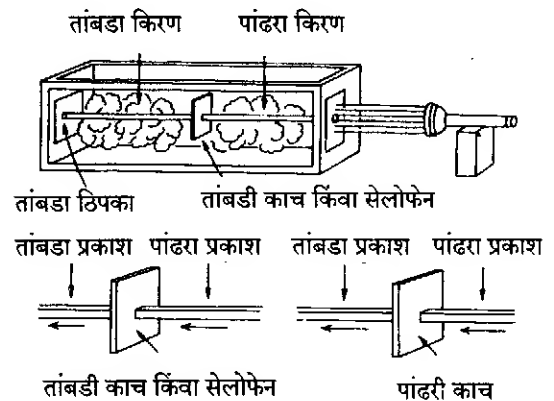


प्रखर सूर्यप्रकाशात खिडकीच्या तळसरीवर पाण्याने पूर्ण भरलेला काचेचा एक पेला ठेवा. मात्र या पेल्याचा काही भाग तळसरीच्या लाकडी पट्टीच्या जरा पुढे आलेला असावा. आतील बाजूस जमिनीवर एक पांढरा कागद पसरून ठेवा. आकृतीत दाखविल्याप्रमाणे कागदावर इंद्रधनुष्य किंवा रंगपट दिसेल.

७) इंद्रधनुष्य बनविण्याची आणखी एक पद्धत स्वच्छ ऊन पडलेले असेल तेव्हा अगदी सकाळी किंवा संध्याकाळी सूर्याकडे पाठ करून उभे रहा.

नंतर झाडाच्या गर्द छायेच्या पार्श्वभूमीकडे रबरी नळीमधून पाण्याचा फवारा उंच उडवा. या पाण्यावर सूर्याचे किरण पडल्यामुळे एक सुंदर इंद्रधनुष्य दिसेल.

८) पारदर्शक वस्तूंना रंग



पूर्वीच्या काही प्रयोगात वापरली तसली एक धुराची पेटी घ्या. या पेटीमध्ये एक प्रकाशकिरण येईल अशी व्यवस्था करा. या किरणांच्या मध्ये पांढरी काच किंवा सेलोफेनचा कागद धरा. यामधून आलेला किरण मागील पडद्यावर पडेल. त्याचा रंग कोणता आहे हे पाहून ठेवा. आता किरणाच्यामध्ये तांबडी काच किंवा त्या रंगाचा सेलोफेनचा कागद धरा. त्यामुळे पडद्यावर कोणत्या रंगाचा किरण पडतो ते पाहा. तो तांबड्या रंगाचा असतो, कारण तांबडी काच पांढऱ्या सूर्यकिरणांतील तांबडा सोडून इतर सर्व रंग शोषून घेते. इतर रंगांच्या काचा वापरून हाच प्रयोग करून पाहा. प्रत्येक वेळी ज्या रंगाची काच वापरली असेल तोच रंग पडद्यावर दिसेल. म्हणजे प्रत्येक रंगीत वस्तु तिचा रंग असेल, त्याच रंगाचा किरण बाहेर सोडते व इतर सर्व रंग शोषून घेते. त्यामुळे ती वस्तू त्या विशिष्ट रंगाची दिसते.

९) अपारदर्शक वस्तूचा रंग

एका अंधान्या खोलीत भिंतीवर किंवा पांढऱ्या कागदावर रंगपट पडेल अशी व्यवस्था करा. रंगपटातील निळ्या प्रकाशामध्ये तांबड्या कापडाचा तुकडा धरा. कपडा हिरव्या आणि पिवळ्या प्रकाशात धरा. या वेळी कपडा कसा दिसतो? आता हा कपडा तांबड्या प्रकाशात धरला असता कसा दिसतो ते पाहा. याप्रमाणेच निळा, हिरवा आणि पिवळा कपडा वापरून प्रयोग करून पाहा. प्रत्येक वेळी कापडाचा जो रंग असेल त्यापेक्षा वेगळ्या रंगाच्या प्रकाशात धरला तर तो काळा दिसेल. कारण कापडाचा जो रंग असेल तो सोडून इतर सर्व रंग तो कपडा शोषून घेतो. अशा वेळी कापडापासून फक्त काळा रंगच परावर्तित होतो व कपडा काळा दिसतो. मात्र कापडाचा रंग असेल त्याच रंगाच्या प्रकाशात तो कपडा धरला तर तो रंग शोषून घेतला जात नाही; तर तो परावर्तित होतो व कपडा त्या रंगाचा दिसतो. अशा प्रकारे अपारदर्शक वस्तू ज्या रंगाचा किरण परावर्तित करील तो रंग त्या वस्तूचा आहे असे वाटते.

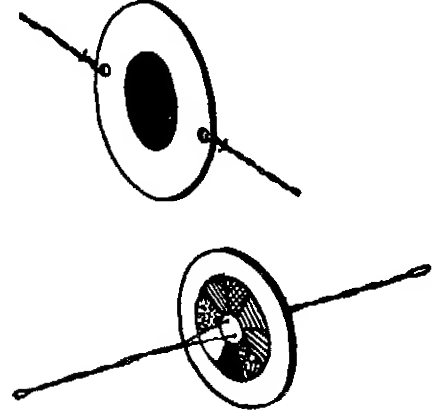
१०) वेगवेगळ्या रंगद्रव्यांचे मिश्रण

एक निळा व एक पिवळा खडू घ्या. दोहोंची पूड करून एकत्र मिसळा. मिश्रणाचा रंग हिरवा झालेला दिसेल. असले रंग शुद्ध स्वरूपाचे नसतात. रंगपटामध्ये हिरवा

रंग, पिवळा व निळा या दोन रंगांच्या मध्ये असलेला दिसेल. पिवळा रंग, पिवळा व हिरवा सोडून इतर सर्व रंग शोषून घेतो. निळा रंग, निळा व हिरवा सोडून इतर सर्व रंग शोषून घेतो. तेव्हा पिवळा व निळा रंग जेव्हा एकमेकांजवळ येतात तेव्हा ते एकमेकांस शोषून घेतात म्हणजेच एकमेकांत मिसळतात व आपणास हिरवा रंग दिसतो.

रंगपेटीतील रंग वेगवेगळ्या प्रकारे एकमेकांत मिसळून कोणते रंग तयार होतात ते पाहा.

११) रंगीत प्रकाशकिरण एकमेकांत मिसळणे.



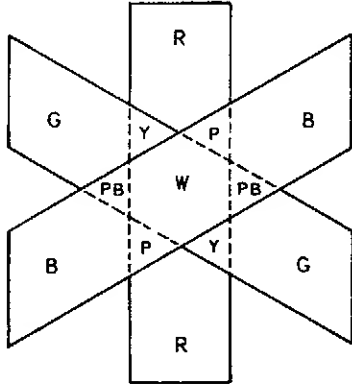
(अ) कार्डबोर्डच्या तबकड्या वेगवेगळ्या पाण्यातील रंगाने (वॉटर कलर) रंगवाव्या. या तबकड्यांचा उपयोग करून वेगवेगळ्या रंगांचे प्रकाशकिरण एकमेकांत मिसळण्याची योजना करता येईल.

एक १० सें.मी. मापाची तबकडी घ्या. तिची एक बाजू पिवळ्या रंगाने व दुसरी निळ्या रंगाने रंगवा. तबकडीच्या कडेला एकमेकांच्या अगदी समोर येतील अशी दोन भोके पाडा. या भोकांमध्ये दोरीचे लहानसे तुकडे बांधा. दोऱ्यांची टोके बोट आणि अंगठा यांमध्ये धरून तबकडी गरगरा फिरवा. रंगाची निवड बरोबर झाली असेल तर तबकडी बरीचशी पांढरी दिसू लागेल.

रंगीत भोवऱ्यावर असतात, त्याप्रमाणे तबकडीवर विशिष्ट जागेमध्ये विशिष्ट रंग लावून वेगवेगळे मिश्र रंग शोधून काढता येतील. उदा; तबकडीच्या वरच्या वर्तुळाकार पृष्ठभागाचे सारखे वर्तुळखंड (सेगमेंट्स) पाडा. एका आड एक वर्तुळखंड तांबड्या आणि हिरव्या रंगाने रंगवा. या तबकडीच्या मध्यावर भोक पाडून त्यामधून

दोरी ओवून घ्या. दोरीच्या साहाय्याने तबकडी गरगर फिरवली म्हणजे ती पिवळी दिसेल कारण तांबडे आणि हिरवे परावर्तित किरण डोळ्यांवर पडले म्हणजे ते एकमेकांत मिसळून पिवळा मित्र रंग तयार होईल.

(आ) पूर्वीच्या प्रयोगात वारपलेल्या किरणपेट्या उपयोगात आणून रंगीत प्रकाश-किरण एकमेकांत मिसळण्यासंबंधीचे प्रयोग करता येतील. अशाच प्रकारच्या पेटीमध्ये वाहनाचा दिवा बसविण्याची योजना असेल तर तिचाही उपयोग करता येईल. तांबड्या, हिरव्या आणि निळ्या रंगांचे पातळ कागद (थिएट्रिकल फिल्टर्स) घ्या. त्यापैकी कोणतेही दोन व शेवटी तिन्ही पेटीच्या पुढच्या बाजूस बसवा आणि पांढऱ्या पडद्यावर चौकोनी आकार येईल असा प्रकाश पाडा.



W- पांढरा
B- निळा
Y- पिवळा
R- तांबडा
G- हिरवा
P- जांभळा
PB- गडद निळा

तांबडा आणि हिरवा मिळून पिवळा रंग तयार होईल. निळा आणि तांबडा मिळून जांभळा रंग तयार होईल. हिरवा आणि निळा मिळून गडद निळा रंग तयार होईल. तांबडा, हिरवा आणि निळा मिळून पांढरा रंग तयार होईल.

१२) साबणाच्या पापुद्यात (फिल्म) दिसणारे रंग

साबणाचे फुगे तयार करण्याकरिता वापरतात तसले साबणाचे तीव्र द्रावण तयार करा. एका पसरट थाळीमध्ये

हे द्रावण ओता. आता अंडे ठेवण्याचा किंवा चहाचा कप उलटा करून या द्रावणात बुडवा. कपाच्या वरच्या पृष्ठभागावर द्रावणाचा पापुद्रा (पातळ थर) तयार झाला म्हणजे कप वर उचला व प्रखर सूर्यप्रकाशात धरा. पापुद्रांत किती रंग दिसतात ते पहा. पापुद्रा जितका पातळ तितके रंग चांगले दिसतील.

१३) तेलाच्या पापुद्यांत (पातळ थरात-फिल्म) दिसणारे रंग

एका उथळ थाळीमध्ये पाणी घ्या. ते पाणी अगदी काळे होईपर्यंत त्यात काळी शाई टाका. ज्या खिडकीमधून प्रखर सूर्यप्रकाश येत असेल तेथे ही थाळी ठेवा. मात्र, ती प्रत्यक्ष सूर्यप्रकाशात असू नये. आता पाण्याकडे पहा. आकाशापासून आलेले किरण पाण्यावर पडून परावर्तन पावतील व नंतर तुमच्या डोळ्यांमध्ये जातील. याच वेळी तुमच्या बाजूस असलेल्या थाळीच्या कडेजवळ पाण्यामध्ये तेलाचा किंवा गॅसोलीनचा एक थेंब टाका. आता पाहिले असता तुमच्या बाजूच्या कडेपासून समोरच्या कडेपर्यंत चकाकणारे इंद्रधनुष्य पसरलेले दिसेल. पाण्याच्या पृष्ठभागावर फुंकले असता रंगांत बदल होत असल्याचे दिसेल.

१४) पिसांतून दिसणारे रंग

पिसांवरच्या बाजूमधून दूर ठेवलेल्या मेणबत्तीच्या ज्योतीकडे पहा. ज्योतीच्या प्रत्येक बाजूस आणखी दोन किंवा तीन ज्योती दिसतील व चारी बाजूस वेगवेगळे रंग असलेली फुली (x) दिसेल. पीस चांगले असेल तर फुलीच्या दोन बाजू निळ्या व दोन बाजू तांबड्या दिसतील.

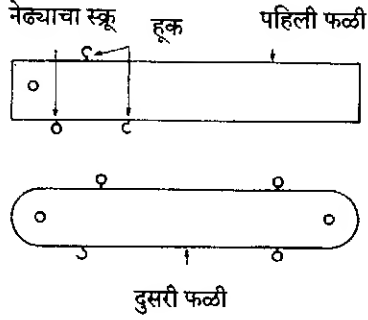
१५) रंग कसे बदलतात?

एखाद्या मासिकातील रंगीत चित्रे एका कार्डबोर्डच्या तुकड्यावर चिकटवा. एका बशीत तीन चमचे मीठ घ्या व बरेच चमचे आल्कोहोल घाला. दोन्ही पदार्थ चांगले मिसळा. ही बशी अंधान्या खोलीत ठेवून त्यातील मिश्रण काडीने पेटवा. चकमकीत पिवळा प्रकाश मिळेल. या प्रकाशात कार्डबोर्डवर चिकटवलेली रंगीत चित्रे बघा. चित्रांतील पिवळ्या रंगाखेरीज इतर सर्व रंग बदललेले दिसतील.

शरीर-रचनेच्या अभ्यासाकरिता प्रयोग व साहित्य

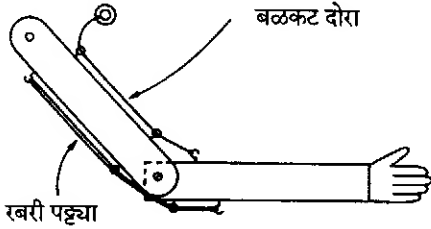
अ) हाडे आणि स्नायू

१) हाताचा नमुना



सुमारे ५ ते ८ मि.मी. जाड, ५ सें.मी. रुंद व ३० सें.मी. लांब अशा मापाच्या दोन लाकडी फळ्या घ्या. (प्लायवुडच्या फळ्या जास्त चांगल्या) एका फळीच्या वरच्या बाजूच्या एका कोपऱ्यात एक भोक पाडा, दुसऱ्या फळीच्या टोकांना गोलाई द्या व आकृतीत दाखविल्याप्रमाणे तिच्या प्रत्येक टोकाशी एक भोक पाडा.

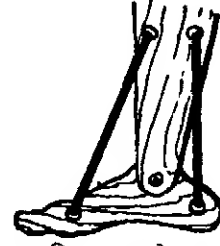
आता पहिल्या फळीमध्ये आकृतीत दाखविलेल्या ठिकाणी आकडे असलेले दोन हुक (कप-हुक) व कडे असलेला एक स्क्रू (स्क्रू-आय) बसवा. तसेच दुसऱ्या फळीमध्ये आकडा असलेला एक हुक व नेढे असलेले तीन स्क्रू बसवा. नंतर या दोन फळ्या आकृतीत दाखविल्याप्रमाणे एक लहानसा बोल्ट व नट वापरून एकमेकांस जोडून टाका.



सायकलच्या किंवा कोणत्याही वाहनाच्या धावांमधील रबरी ट्यूबपासून बऱ्याच लांबीच्या रबरी पट्ट्या कापून घ्या. वरील फळ्यांच्या खालच्या बाजूस असलेल्या नेढ्यामधून या रबरी पट्ट्या ओवून घ्या व दोन्ही बाजूस

असलेल्या आकड्यांना बांधून टाका. आता एका बळकट दोऱ्याचे एक टोक फळ्यांच्या वरच्या बाजूस असलेल्या कड्यांमधून ओवून घ्या. दोऱ्याचे दुसरे टोक धरून ओढले म्हणजे हातातील हाडे व स्नायू यांची हालचाल कशी होते ते चांगले स्पष्ट होईल.

२) पायाचा नमुना



आकृतीत दाखविल्याप्रमाणे पाऊल आणि तंगडीचा नमुना तयार करण्याकरिता पातळ लाकडाचे किंवा कार्डबोर्डचे तुकडे कापून घ्या. तसेच रबरी ट्यूबच्या पट्ट्या कापून घ्या व त्या जोडा.

३) डोके आणि मान यांचा नमुना



लाकडाचा किंवा कार्डबोर्डचा नमुना कसा तयार करता येईल हे आकृतीत स्पष्ट दाखविले आहे. तसा नमुना तयार करा.

४) चालणारा आकडा

जेवणाकरिता वापरतात तसली एक सुरी हातामध्ये घट्ट धरा. या सुरीच्या पात्यावर एक केसाचा आकडा ठेवा. आकड्याची दोन्ही टोके टेबलाला स्पर्श करतील अशा प्रकारे सुरी उचलून तो तिरपा धरा. या वेळी आकडा सुरीच्या पात्यावरून पुढे सरकत गेलेली दिसेल. हातातील स्नायूंच्या हालचालीमुळे हा परिणाम होतो.

आ) आपली ज्ञानेंद्रिये

१) वास घेणारे इंद्रिय (नाक)

एका खोलीमध्ये विद्यार्थ्यांना सर्व खोलीभर सगळीकडे सारखे विभागून अगदी शांत बसण्यास सांगा. नंतर एका कोपऱ्यामध्ये खूप उग्र वास असलेला एक पदार्थ उघडा ठेवा. उदा; एका फडक्यावर थोडा इथर किंवा अमोनिया ओतून ते फडके कोपऱ्यात ठेवावे.

प्रत्येक विद्यार्थ्याला वास आल्याबरोबर हात वर करण्यास सांगावे. त्यावरून खोलीमध्ये हवेतून वास कसा पसरत जातो हे लक्षात येईल.

वासामुळे धोक्यापासून आपले संरक्षण कसे होते यासंबंधी काही उदाहरणे विद्यार्थ्यांना विचारा.

२) वाचनाकरिता डोळ्यांपासून पुस्तकाचे योग्य अंतर

पुस्तक डोळ्यांपासून किती अंतरावर धरले असता अक्षरे स्पष्ट दिसतात व चांगले वाचता येते ते प्रत्येक विद्यार्थ्यांस करून पाहण्यास सांगा. सामान्यपणे हे अंतर ३० ते ४० सें.मी. असावे. यापेक्षा कमी अगर जास्त असेल तर दृष्टीत दोष असून चष्मा वापरण्याची जरूरी आहे असे समजावे.

३) योग्य प्रकाशन किंवा दीपन (इल्युमिनेशन)

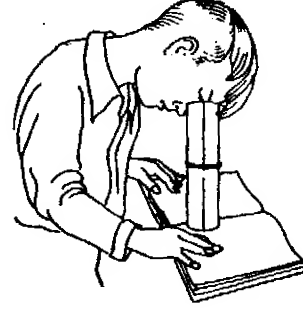
एका खोलीत अंधार करा. ४० वॉटचा एक विजेचा दिवा उघडलेल्या पुस्तकावर ६० सें.मी. अंतरावर धरून लावा. पुस्तकावर पडलेल्या दिव्याच्या प्रकाशात नीट वाचता येईल. दिवा जसजसा दूर नेला जाईल तसतसा पुस्तकांवरील प्रकाश कमी पडू लागेल. ४० वॉटचा दिवा ६० सें.मी. अंतरावर धरल्यामुळे जेवढा प्रकाश मिळतो तेवढा प्रकाश १०० वॉटचा दिवा १ मीटरपेक्षा थोड्या कमी अंतरावर धरला तर मिळतो.

प्रकाशामुळे डोळे दीपू नयेत म्हणून वाचण्यास बसण्याची योग्य पद्धत कोणती यासंबंधी प्रात्यक्षिक करून दाखवा. वर्गामध्ये सगळीकडे सारख्या प्रमाणात प्रकाश पसरला आहे का पहा. नसेल तर तो सर्वकडे सारखा मिळावा म्हणून काय करावे याबद्दल चर्चा करा.

४) डोळ्यांची जुळणी (अॅडजस्टमेंट)

१० ते १२ पांढरे कागद घ्या. ते एकावर एक ठेवून गुंडाळा व एक पोकळ नळकांडे तयार करा. प्रत्येक कागद

साधारणपणे दोन वेळा गुंडाळलेला असावा. नळकांड्याभोवती एक रबरी पट्टी बसवा. आता एक पुस्तक उघडून त्यातील पानांवर वरील नळकांडे उभे धरा. नळकांड्याच्या वरच्या तोंडावर एक डोळा अशा प्रकारे



दाबून धरा की वरच्या किंवा खालच्या तोंडामधून नळकांड्यात उजेड जाणार नाही. डोळा उघडला असता काही वेळ पानांवरील अक्षरे अजिबात दिसणार नाहीत. जर अक्षरे लगेच

दिसत असतील तर नळकांड्याभोवती आणखी काही कागद गुंडाळा.

आता दुसरा डोळा मिटलेला ठेवून नळकांड्यावरील डोळ्याने पानांवरील अक्षरांकडे १-२ मिनिटे पाहत रहा. कागदामधून आलेल्या अंधुक प्रकाशामध्ये अक्षरे हळूहळू दिसू लागतील.

पानांवरील मजकूर चांगला वाचता येऊ लागला की ताबडतोब डोळा बाजूला करून लगेच आरशात पहा. डोळ्यातील बाहुलीचे निरीक्षण करून तिचा आकार केवढा झाला आहे ते पहा. मिनिटभर पाहत राहिले असता (खोलीतील प्रखर उजेड डोळ्यांत गेल्यामुळे) बाहुलीचा आकार बदलत असल्याचे दिसेल. प्रत्येक विद्यार्थ्याला हा प्रयोग करून अनुभव घेऊ द्या.

बाहुलीचा आकार बदलण्यामुळे कोणते फायदे होतात ते विद्यार्थ्यांना समजावून सांगा. बाहुलीच्या आकुंचनामुळे डोळ्यांचे प्रखर उजेडापासून संरक्षण होते; बाहुली मोठी होत असल्यामुळे अंधुक प्रकाशातही स्पष्ट दिसू शकते, बाहुलीतील या व्यवस्थेमुळे डोळ्यांस होणारा धोका टाळता येतो.

५) डोळ्यांतील अंध-बिंदू (ब्लाइंड-स्पॉट) शोधून काढणे.

डोळ्याच्या खोबणीमध्ये जेथे मज्जातंतू शिरतात, तेथे काही मिलीमीटर जागेमध्ये प्रतिमा पडली असता आपणास काही दिसत नाही म्हणून या जागेला अंध-बिंदू (Blind -

Spot) म्हणतात. अगदी साध्या प्रयोगाने या बिंदूचे स्थान शोधून काढता येते. एका पांढऱ्या कागदावर एक काळा ठिपका द्या. या ठिपक्याच्या उजव्या बाजूस ५ सें.मी. अंतरावर एक काळी फुली काढा. हा कागद टेबलावर ठेवा. आता डावा डोळा झाकून उजव्या डोळ्याने काळ्या ठिपक्यावर दृष्टी स्थिर करा. याच वेळी कागद उचलून हळूहळू डोळ्याकडे आणा. एका विशिष्ट अंतरावर कागद धरला असता उजव्या बाजूची फुली दिसेनाशी होईल. डाव्या डोळ्यांतील अंध-बिंदू शोधून काढण्याकरिता उजवा डोळा मिटून काळ्या फुलीवर दृष्टी स्थिर करावी. कागद डोळ्याच्या जवळ आणला असता काळा बिंदू दिसेनासा होईल.

६) प्रकाशासंबंधीचे काही चमत्कार

मनुष्याच्या दैनंदिन जीवनामध्ये प्रकाशासंबंधीचे कित्येक चमत्कार दृष्टोत्पत्तीस येतात. डोक्यावर चंद्र व सूर्य असताना जेवढे दिसतात, त्यापेक्षा कितीतरी मोठे ते क्षितिजावर असताना दिसतात. तसेच डोक्यावर असताना चंद्र आणि सूर्य यांचा भ्रमण-वेग जेवढा वाटतो, त्यापेक्षा त्याचा उदय होत असताना ते (टेकडीच्या पाठीमागून) कितीतरी जास्त वेगाने वर येत असल्यासारखे वाटते. चंद्राचा किंवा सूर्याचा व्यास प्रत्यक्ष यंत्राच्या साहाय्याने मोजला किंवा उदयाच्या वेळी त्यांचा वेध घेतला तर आपला अंदाज पुष्कळच चुकलेला आढळेल. क्षितिजावरील वस्तूंचा आकार व अंतर यांच्याशी पृथ्वीवरील जवळच्या वस्तूंचे आकार व अंतर यांची तुलना केल्यामुळे यांसंबंधीचे अंदाज असे विचित्र होतात.

सहाय्या प्रकरणात तयार केलेल्या वेधयंत्र आणि सेक्सटंटचा प्रयोग करून सूर्य किंवा चंद्र उगवताना अगर मावळताना त्यांचा वेग किती असतो ते पहा. तसेच ते डोक्यावर असताना त्यांचा वेग किती असतो ते पहा. दोन्ही वेगांची परस्परांशी तुलना करा.

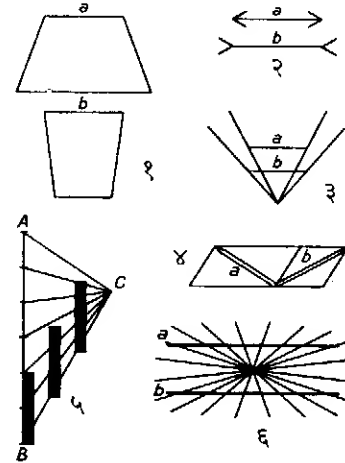
आपली दृष्टी ही दिसते त्याचा केवळ ठसा घेत नाही. एखाद्या यंत्राचा उपयोग करण्यास शिकावे लागते. त्याप्रमाणेच डोळ्यांचा उपयोग करण्यास शिकले पाहिजे. डोळ्यांतील संग्राहक पडद्यावर (रेटिना - याच प्रकरणांतील 'इ' विभागातील पहिला आकडा पहा.) जी प्रतिमा पडते त्यामुळेच केवळ पुढे असणाऱ्या वस्तूंचे अंतर, दिशा व

आकार यांचा अंदाज निश्चित होत नाही. त्या वेळी डोळ्यांभोवती असलेल्या स्नायूंच्या अनेक गुंतागुंतीच्या हालचाली होतात. या हालचालींमुळे समोर असलेल्या वस्तूची स्पष्ट कल्पना येण्यास मदत होते. नेत्रमण्याची (लेन्स) हालचाल त्याशी संबंधित असलेल्या स्नायूंचे होते. काही स्नायूंचे नेत्रमण्याचा फुगीरपणा कमी-जास्त होतो.

काही स्नायूंचे खोबणीत असलेला डोळाच थोडा फार फिरविला जातो. याशिवाय मानेतील व इतर काही अवयवांतील स्नायूंची हालचाल याच वेळी होते. या सर्व हालचालींची संवेदना मेंदूला जाऊन पोचते, तेव्हा आपणाला वस्तूचे पूर्ण ज्ञान होते. डोळ्यांतील स्नायूंच्या हालचालीं व आतील संग्राहक पडद्यावर पडणाऱ्या प्रकाशाच्या प्रकारास अनुसरून आपण आपल्या शरीराच्या इतर स्नायूंची योग्य ती हालचाल करतो. अनुभवाने ही गोष्ट साध्य होते व अंगवळणी पडते.

प्रकाशकिरण सरळ रेषेत जातात असा आपला नेहमीचा अनुभव आहे. त्याचप्रमाणे वेगवेगळ्या वस्तू सरळ रेषेत ठेवण्यास आपण शिकतो. एखादी वस्तू पाहून तिचे पूर्ण आकलन करून घेण्याची किंवा ज्या वस्तूंना आपण स्पर्श करतो त्यावर दृष्टी स्थिर करण्याची योजना डोळ्यांमध्ये असते. ही योजना अत्यंत सूक्ष्म व नाजूक असून ती चटकन विचलित होण्याचा संभव असतो व आपली फसगत होते.

पुढील आकृती फसव्या असल्याचे तुमच्या लक्षात येईल. या आकृती नुसत्या पाहून केलेले अंदाज प्रत्यक्ष अचूक मोजमाप केल्यास चुकलेले दिसून येतील.



क्रमांक १ ते ४ (१,२,३,४) - 'र' व "bc" या रेषा पाहून त्यांच्या लांबीची परस्परान्शी तुलना करा.

क्रमांक ५ - काळे उभे स्तंभ वेगवेगळ्या उंचीचे असल्यासारखे वाटतात.

क्रमांक ६,७ आडव्या रेषांकडे पहा. त्या समांतर आहेत का?

क्रमांक ८ - ठोकळे एकदा मोजा. नंतर पुन्हा पुन्हा मोजून पहा.

क्रमांक ९ - जिन्याकडे टक लावून पहा. नंतर पुस्तक हळूहळू फिरवा. जिना उलटा झालेला दिसेल.

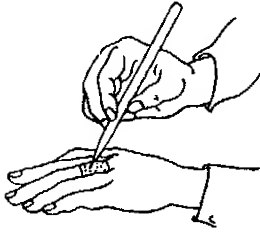
क्रमांक १० - आतील चौरस मागेपुढे होत असलेला दिसतो.

क्रमांक ११ - काही वेळा घनाकृती ठोकळ्याची वरची बाजू तर काही वेळा तळची बाजू दिसत असल्यासारखे वाटते.

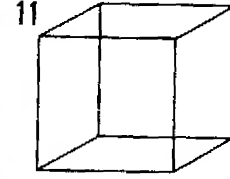
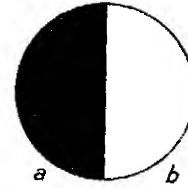
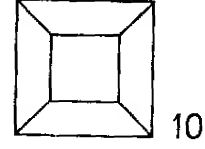
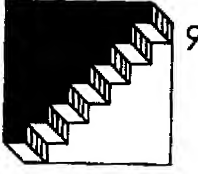
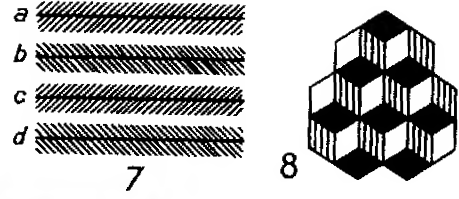
क्रमांक १२ - आकृतीकडे पाहून 'ab' व 'bc' यांच्या लांबीची तुलना करा.

क्रमांक १३ - आकृतीवर नजर टाका. ती खरोखरच वर्तुळाकार आहे का?

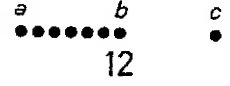
७) स्पर्शेंद्रिय



तुमचा मधल्या बोटाच्या मागील बाजूस पहिल्या पेरावर पेन्सिलीने एक सें.मी. चौरस काढा. आता पेन्सिलीचे टोक तीक्ष्ण करा व ते टोक चौरसातील



13



12

कातडीवर अनेक ठिकाणी जोराने दाबून पहा. कातडीमध्ये स्पर्श, उष्णता व थंडपणा, दुःख इत्यादींचे ज्ञान करून देणारी मज्जातंतूची टोके असल्याचे लक्षात येईल. बोटावरील चौरसामध्ये कोणत्या प्रकारची संवेदना कोणत्या ठिकाणी मिळते ते शोधून काढा. वरील प्रकारच्या संवेदना मिळत असल्यामुळे आपण आपल्या शरीराचे रक्षण कसे करू शकतो यासंबंधीची काही उदाहरणे सांगा.

८) उष्णतेची संवेदना कशी मिळते?

तेराव्या प्रकरणामध्ये 'आ' विभागातील पहिला प्रयोग पहा.

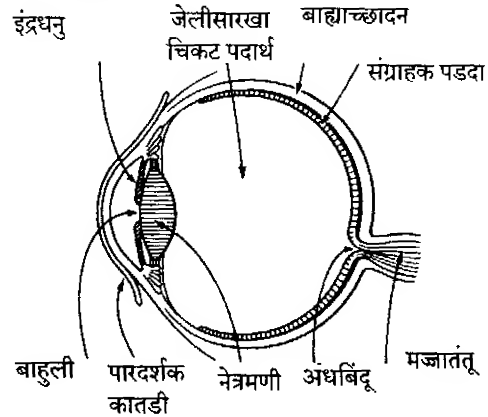
इ) मानवी शरीरातील काही इंद्रिये

१) डोळा

१) डोळ्याचे छेदन (डिसेक्शन) करणे.

बैलाचा किंवा मेंढीचा डोळा उपयोगात आणावा. डोळ्यावरील पुढच्या बाजूच्या पारदर्शक कातडीचा भाग काढून टाका. त्यामुळे आतील इंद्रधनु (आयरिस) व त्यामागे असलेला नेत्रमणी (लेन्स) दिसू लागतील.

नेत्रमण्यामुळे डोळ्याचे दोन भाग होतात. पुढच्या भागात पातळ द्रवपदार्थ (ऑक्विअस ह्यूमर) व मागील भागामध्ये जेलीसारखा चिकट द्रव पदार्थ (व्हिट्रिअस ह्यूमर) असतो.



नेत्रमणी व त्यामागील द्रवपदार्थ काढून टाकल्यानंतर संग्राहक पडदा (रेटिना) म्हणजेच संवेदनक्षम पृष्ठभाग दिसू लागतो. या पडद्यावरील नेत्रमण्याच्या बरोबर समोरील भागामध्ये संवेदनक्षम अनेक पेशी असतात. या भागाला पीतबिंदू (यलो स्पॉट) म्हणतात. संवेदना घेऊन जाणारे मज्जातंतू डोळ्याच्या बाह्याच्छादनामध्ये (स्क्लेरोटिक मॅम्ब्रेन) मागील बाजूस असलेल्या भोकामधून बाहेर जातात. या भोकावर प्रकाशकिरणांचा परिणाम होत नाही. म्हणून त्यास 'अंधबिंदू' (ब्लाइंड स्पॉट) म्हणतात.

२) संग्राहक पडद्यावर वस्तूची प्रतिमा कशी दिसते?

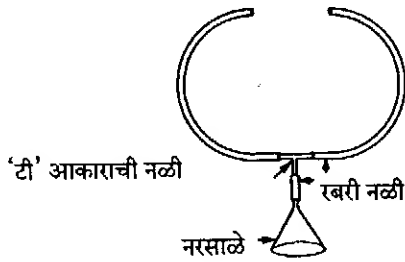
सोळाव्या प्रकरणामध्ये 'अ' विभागातील ४ था प्रयोग (सूक्ष्म छिद्र-प्रतिमा ग्राहक) पहा.

३) डोळ्यांतील नेत्रमण्यामुळे संग्राहक पडद्यावर प्रतिमा कशी मिळते?

सोळाव्या प्रकरणामध्ये 'इ' विभागातील दहावा प्रयोग (बाह्यगोल भिंगामुळे मिळणारी प्रतिमा) पहा.

२. हृदय

१) हृदयाचे ठोके ऐकण्याकरिता एक साधे उपकरण तयार करणे.



एक साधा स्टेथॉस्कोप तयार करा व तो वापरून विद्यार्थ्यांना हृदयाची हालचाल कशी होते ते ऐकण्यास सांगा.

एक लहानसे नरसाळे, इंग्रजी 'टी' (T) किंवा 'वाय' (Y) आकाराची काचेची नळी आणि काही रबरी नळ्या वापरून साधा स्टेथॉस्कोप तयार करता येईल. (प्रयोगशाळेतिल काचेचे नरसाळे किंवा लहान मुलाची दुधाची बाटली भरण्याकरिता वापरतात तसले नरसाळे चालेल). प्रथम नरसाळ्याच्या वरच्या टोकावर सुमारे ७ किंवा ८ सें.मी. लांबीची रबरी नळी बसवा. या नळीच्या वरच्या तोंडामध्ये 'टी' आकाराची काचेची नळी बसवा. नंतर काचेच्या नळीच्या दोन्ही बाजूंच्या टोकावर बऱ्याच

लांब रबरी नळ्या बसवा.

आता एका विद्यार्थ्यांच्या हृदयावर नरसाळे घट्ट दाबून धरा व रबरी नळ्यांची दोन टोके दुसऱ्या विद्यार्थ्यांच्या कानांमध्ये बसवा. हा दुसरा विद्यार्थी हृदयाचे ठोके स्पष्टपणे ऐकू शकेल. मात्र त्यावरून हृदयाची स्थिती कशी आहे हे त्यास सांगता येणार नाही. अशा प्रकारची रचना असलेला स्टेथॉस्कोप वापरून डॉक्टर हृदयाचे कार्य बरोबर चालते किंवा नाही हे निश्चितपणे सांगू शकतात.

या प्रयोगावरून हृदयाचे कार्य कसे चालते व त्यावर मनुष्याचे आरोग्य कसे अवलंबून आहे यासंबंधी विद्यार्थ्यांशी चर्चा करता येईल. त्याचप्रमाणे हृदयास अपायकारक हालचाली कोणत्या व कोणत्या रोगाचा हृदयाच्या कार्यक्षमतेवर अयोग्य परिणाम होतो याचीही चर्चा करता येईल.

२) नाडीचे ठोके मोजणे.

मनगटातील नाडीवर दोन बोटे ठेवून व मनगटाच्या मागील बाजवर अंगठ्याने दाब देऊन नाडीचे ठोके कसे मोजतात याचे प्रात्यक्षिक करून दाखवा. १५ आणि ३० सेकंदांत किती ठोके पडतात ते मोजून त्यावरून नाडी कशी चालते (दर मिनिटाला किती ठोके पडतात) ते ठरवा.

३) व्यायामामुळे नाडीवर होणारा परिणाम

भरपूर व्यायाम करण्यापूर्वी व केल्यानंतर पुष्कळ विद्यार्थ्यांना स्वतःच्या नाडीचे ठोके मोजण्यास सांगा. दिसून येणाऱ्या परिणामाचा तक्ता तयार करण्यास सांगा.

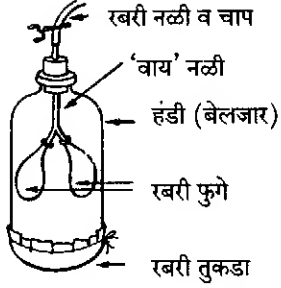
४) हृदयाचे ठोके कसे पडतात याचे निरीक्षण करणे.

काड्यांच्या पेटीच्या काडीच्या एका टोकामध्ये सपाट माथा असलेली एक चूक घुसवून बसवा. मनगटाचा आतील भाग वर करून हात सरळ लांब करा. नंतर मनगटावर जेथे नाडी लागते, तेथे वरील चुकेचा भाग ठेवून काडी उभी राहून द्या. आता हृदयाच्या प्रत्येक ठोक्याबरोबर काडी कशी वरखाली होते याचे निरीक्षण करा.

३. फुफ्फुसे

१) फुफ्फुसांचे कार्य कसे होते?

आकृतीमधील उपकरणाचा उपयोग करून विभाजक पडद्याचे कार्य कसे होते ते दाखविता येईल. आकृतीमधील रबरी फुगे म्हणजे फुफ्फुसे होत. नळी श्वासनलिका होईल आणि हंडीचा (बेल जार) तळचा पोकळ भाग म्हणजे



या उलट क्रिया होते. बाहेरील रबरी नळी चापाने बंद करून विभाजक पडदा वर-खाली करा व कोणता परिणाम दिसून येतो ते पहा.

२) तुमच्या फुफ्फुसांची धारणशक्ती (कॅपॅसिटी) किती आहे?

आपण आपल्या फुफ्फुसांमधील किती हवा बाहेर टाकू

छातीमधील पोकळी होय. विभाजक पडदा खाली ओढला. म्हणजे आतील हवेचा दाब कमी होतो व बाहेरील हवा फुफ्फुसामध्ये शिरते. पडदा वर सोडला म्हणजे

शकतो हे जाणण्याची उत्सुकता प्रत्येक विद्यार्थ्यांस असते. या बाहेर टाकलेल्या हवेचे घनफळ सहज काढता येते.

एक काचेचा चंबू पाण्याने भरून त्याला दोन भोके असलेले बूच बसवा. एका भोकात रबरी नळी बसवून ती आत थोडीशी घुसवा. दुसरे भोक तसेच मोकळे ठेवा. आता हा चंबू एका मोठ्या भांड्यात उलटा ठेवा. नंतर एका विद्यार्थ्यांस रबरी नळीचे बाहेरील टोक तोंडात धरून एकदम उच्छ्वास सोडावयास सांगा. बुचातील मोकळ्या भोकावर बोट ठेवून चंबू बाहेर काढून सुलटा ठेवा. चंबूतील पाणी कमी झालेले दिसेल. ते पूर्वीइतके होण्याकरिता त्यामध्ये किती पाणी ओतावे लागते ते मोजपात्राने मोजून सांगा. या पाण्याचे घनफळ म्हणजेच फुफ्फुसामधून बाहेर टाकलेल्या हवेचे घनफळ होईल.

शिक्षकांकरिता काही उपयुक्त माहिती

१) काचेच्या उपकरणाची स्वच्छता

एक लिटर पाण्यामध्ये १०० ग्रॅम तीव्र गंधकाम्ल मिसळा. नंतर यामध्ये १०० ग्रॅम पोटॅशियम-डाय-क्रोमेट विरधळवा. या द्रावणात काचेची उपकरणे जरा वेळ बुडवून ठेवावी. म्हणजे ती स्वच्छ निघतात. हे द्रावण टाकून देऊ नये. पुन्हा पुन्हा उपयोगात आणता येते.

सूचना :- गंधकाम्ल दाहक असते. तेव्हा ते आपल्या कातडीला किंवा कपड्यांना लागणार नाही याबद्दल फार काळजी घेतली पाहिजे. तीव्र गंधकाम्ल मातीच्या भांड्यात घेणे जास्त चांगले. ते पाण्यात मिसळताना सावकाश थोडे थोडे ओतून ढवळा कारण ते पाण्यात मिसळत असताना बरीच उष्णता उत्पन्न होते.

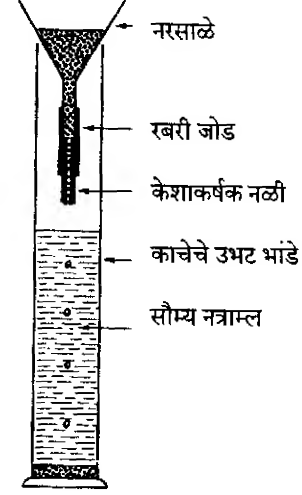
भांड्यावर पडणारे डाग कोणत्या प्रकारचे आहेत ते समजावून घ्यावे. नंतर रसायनशास्त्राचा उपयोग करून हे डाग काढून टाकण्याचा प्रयत्न करावा. वेगवेगळ्या अल्कलीमुळे किंवा अल्कलीचेच गुणधर्म असलेल्या क्षारामुळे भांडी खराब झाली असतील तर सौम्य आम्लाचा उपयोग करावा. पोटॅशियम पर-मँगनेटमुळे भांड्यावर डाग पडले असतील तर सोडियम सल्फाइडचे द्रावण आणि गंधकाम्ल यांचे मिश्रण वापरावे.

काचेवर अल्कलीचा परिणाम हळूहळू होत असतो. बाटल्यामधून कॉस्टिक सोड्यासारखे अल्कली बरेच दिवस ठेवले तर बाटल्यांच्या काचेची पारदर्शकता कायमचीच कमी होते.

२) पारा स्वच्छ करणे.

पारा पृष्ठभागावरून वाहत असताना काही पारा मागे राहू लागला तर तो अस्वच्छ झाला असे समजावे. अशा वेळी पुढीलप्रमाणे स्वच्छ करावा. एका उभट सिलिंडरच्या आकाराच्या भांड्यात सौम्य नत्राम्ल (डायल्यूट नायट्रिक ॲसिड) घ्या. (नेहमीपेक्षाही हे नत्राम्ल जास्त सौम्य असावे) एका नरसाळ्याला एक बारीक व्यास असलेली नळी (केशाकर्षक नळी-कॅपिलरी ट्यूब) जोडून ते नरसाळे वरील भांड्यावर ठेवा. आता या नरसाळ्यामध्ये अस्वच्छ पारा ओता. तो थेंब थेंब नत्राम्लात पडत राहिल. सर्व पारा खाली

पडल्यानंतर तो पाण्याने पुनः पुन्हा धुवून घ्या. याकरिता जाड काचेच्या बाटलीत थोडा पारा व पाणी घालून हालवा. नंतर दुसऱ्या एक नरसाळ्यामध्ये नेहमीप्रमाणे एक गाळणी कागद (फिल्टर पेपर) बसवा व त्याच्या तळाशी एक सूक्ष्म

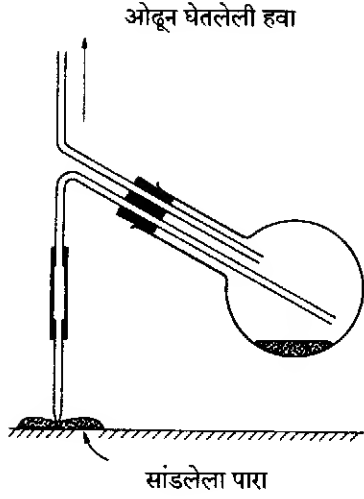


छिद्र पाडा. या कागदावर वरील पारा ओता. नरसाळ्यामधून पारा खाली जाईल. काही पारा कागदावर राहिला तर पुढील खेपेस आणखी पारा शुद्ध करण्याच्या वेळी तो त्यात मिसळून द्यावा. पारा अगदी कोरडा पाहिजे असेल तर तो गाळण्यापूर्वी हवेच्या भट्टीत तापवून घ्यावा.

३) पाऱ्यातील हवा काढून टाकणे व बाहेर सांडलेला किंवा पसरलेला पारा गोळा करणे

एखाद्या नळीत पारा भरला असता त्यात काही वेळा हवेचे बुडबुडे दिसतात. ते काढून टाकण्याकरिता नळी पाऱ्याने पूर्ण भरण्यापूर्वी तिचे तोंड बोटाने बंद करा. नंतर ती नळी उलटी करा. हवेचे मोठे बुडबुडे वर जातील. आता नळी सुलटी करा म्हणजे हे मोठे बुडबुडे पुन्हा वर येऊ लागतील व मध्ये लागणारे छोटे बुडबुडे बरोबर घेऊन नळीबाहेर निघून जातील. नंतर नळीतील वरचा मोकळा भाग पारा ओतून भरून टाका.

काही वेळा ट्रेमध्ये, बाकावर किंवा जमिनीवर पारा सांडतो व पसरून राहतो. हा पारा वांश बॉटलने ओढून घेऊन परत मिळविता येईल.



४) जीवशास्त्रविषयक (बायॉलॉजिकल) साहित्य जमा करणे.

हे साहित्य चांगल्या स्थितीत ठेवले नाही तर त्याचा काहीही उपयोग होत नाही. वेगवेगळे साहित्य वेगवेगळ्या प्रकारे सुस्थितीत राखावे लागते.

फुले आणि वनस्पती : वाळलेल्या नमुन्यांचा संग्रह फार उपयोगी असतो. त्यामुळे वनस्पतींची चांगली माहिती होते आणि जमविलेले ताजे नमुने ओळखण्यास मदत होते. अशा प्रकारचा संग्रह शिक्षकांजवळ नेहमी असला पाहिजे. त्यामुळे विविध प्रकारची फुले, पाने, फळे आणि मुळे यांची उदाहरणे दाखविता येतात. कोणत्याही प्रकारच्या वनस्पतींचे सर्व भाग असतील, तरच ते नमुने पूर्ण होत. फुले आणि फळे एकाच वेळी निर्माण होत नसल्यामुळे वनस्पतीचे हे नमुने निरनिराळ्या वेळी जमा करणे जरूर आहे.

वनस्पती वर्तमानपत्रात दाबून ठेवल्या म्हणजे काही दिवसांनी त्या वाळतात. त्याकरिता विशिष्ट प्रकारचे कागदही मिळतात; परंतु कोणत्याही नमुन्याच्या खाली आणि वर दोन किंवा तीन वर्तमानपत्राचे कागद ठेवले तरी काम होते. एकाच वेळी एकावर एक अनेक नमुने दाबाखाली ठेवून वाळविणे शक्य असते. नमुन्याच्या प्रत्येक थरामध्ये नळीचा (कॉन्युगेटेड) जाड कागद ठेवला म्हणजे नमुने लवकर वाळतात. हे थर टेबलावर ठेवून त्यावर ड्रॉइंग बोर्ड उलटा ठेवावा व त्यावर जड वजन ठेवावे. चिमट्याने, स्कूने किंवा पट्ट्याने दाबून बसविता येतील

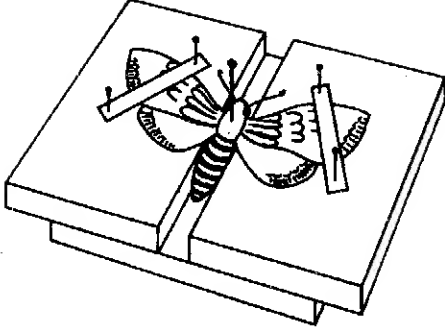
अशा तारेच्या दोन चौकटी वापरल्या तर वाळण्याची क्रिया जलद होईल. पहिले काही दिवस नमुन्याच्या खाली वर ठेवलेले कागद दररोज बदलावे. परंतु नमुने वाळू लागले म्हणजे ते कागद काही दिवसांनी बदलले तरी चालतील.

१०० मिली-लीटर मेथिलेटेड स्पिरिटमध्ये (मेथिल-अल्कोहोल) ०.५ ग्रॅम मर्क्युरिक क्लोराइड विरघळावे. हे द्रावण वाळविलेल्या नमुन्याला ब्रशाने हलकेच लावले तर त्यावर बुरशी चढत नाही. सुमारे २५ x ४५ सें.मी. मापाचा ड्रॉइंगचा जाड कागद किंवा कार्ड घेऊन त्यावर हा नमुना डिकाने किंवा सरसाने चिकटवून टाकावा. डिकामध्ये किंवा सरसामध्ये थोडेसे मर्क्युरिक क्लोराइड टाकावे म्हणजे नमुन्याला कीड लागत नाही. याशिवाय नमुना कार्डाला शिवून टाकता येईल किंवा पारदर्शक चिकटपट्टीने चिकटवून बसविता येईल.

प्रत्येक नमुन्याला पुढीलप्रमाणे नोंद केलेला कागद लावलेला असावा. (अ) नमुन्याचे नाव व वर्गीकरणानुसार प्रकार, (आ) नमुना ओळखणाऱ्या विद्यार्थ्यांचे व त्याच्या गटाचे नाव. (इ) नमुना सापडल्याची जागा व दिनांक, (ई) नमुना शोधणाऱ्याचे नाव.

फळे किंवा त्यासारख्या अवजड व मोठ्या वस्तूंचे नमुने स्वतंत्रपणे ठेवून त्यांना तशा चिट्ठ्या लावून ठेवाव्या, परंतु बी, बियाणांसारखे लहान नमुने असतील तर ते एका पाकिटात घालून ते पाकिट कार्डावर लावून ठेवावे.

कीटक :- रुंद तोंडाच्या बाटल्यांमध्ये विषारी पदार्थ ठेवून त्यात कीटक सोडले तर ते सहज मरतील. अशा प्रकारच्या बाटल्या पुढीलप्रमाणे तयार करता येतील. शेकडा २० प्रमाणाच्या पोर्टेशिअम सायनाइडच्या पातळ द्रावणामध्ये काही प्लॅस्टर ऑफ पॅरिस मिसळावे. (बाजारात पोर्टेशिअम व सोडिअम सायनाइडचे मिश्रण मिळते, तेही चालेल.) वरील मिश्रण ताबडतोब एका बाटलीच्या तळाशी १ सें.मी. जाडीचा थर होईल इतके तीमध्ये ओतावे. थोड्यात वेळात ते चांगले घट्ट होईल. आता या मिश्रणावर बरोबर बसेल असा एक वर्तुळाकार टीपकागद घ्या व त्यास छिद्र पाडा. हा टीपकागद मिश्रणावर ठेवल्यानंतर बाटलीला फिरकीचे बूच बसवा किंवा बाटली वाताभेद्य (एअरटाइट) राहिल अशी व्यवस्था करा. त्यामुळे आतील औषधाचा परिणाम काही महिने तरी होत राहिल.



सूचना :- पोर्टेसिअम व सोडिअम सायनाइड हे फार विषारी पदार्थ आहेत. तेव्हा ते वापरताना अत्यंत काळजी घेतली पाहिजे.

कीटक पकडून बाटलीत घातला म्हणजे तो प्रथम बेशुद्ध होतो. तो मरेपर्यंत काही तास बाटलीतच ठेवावा. नंतर तो कीटक काढून बोर्डवर बसवावा. हा बोर्ड पुढीलप्रमाणे तयार करता येईल. एक कार्डबोर्ड टेबलावर ठेवा. त्याच्या साधारणपणे मध्यावर दुसरे दोन कार्डबोर्ड्स असे ठेवा की, त्यांच्या कडांमध्ये काही अंतर राहिल. (आकृती पहा.) दोन कार्डबोर्डमधील हे अंतर पकडलेला कीटक बरोबर मावेल इतकेच असावे. आता कीटकाच्या धडाच्या मध्यावर एक लांब बारीक टाचणी खूपसून तो उचला व मधल्या मोकळ्या जागेमध्ये बसवा. नंतर चिमट्याने कीटकाचे पंख, तंगड्या आणि मिशा व तेथील तंतू काळजीपूर्वक पसरून ठेवा व त्यावर कागदाच्या अरुंद पट्ट्या ठेवून त्या टाचण्यांनी कार्डबोर्डवर पक्क्या बसवा. मात्र या टाचण्यांचा कीटकाला स्पर्श होता कामा नये. अशा प्रकारे जमविलेले नमुने चांगले वाळविणे महत्त्वाचे असते. उष्णकटिबंधातील प्रदेशात वाळण्याची क्रिया जलद होत नाही. त्याकरिता हे नमुने शोषणपात्रात (डेसिकेटर) बरेच दिवस ठेवावे लागतात. नमुना पूर्णपणे वाळल्यानंतर कागदाच्या पट्ट्या काढून टाकण्यास हरकत नाही कारण कीटकाचे सर्व भाग आता जसेच्या तसेच राहतील. मात्र हे भाग ठिसूळ होण्याचा संभव असतो. तेव्हा धडामध्ये खुपसलेली टाचणी काढून टाकू नका. उलट या टाचणीच्या साहाय्याने कीटक अलगद उचला व तो एका कार्डबोर्डच्या जाड चौकोनी तुकड्यावर व्यवस्थित बसवा. हा तुकडा तळाशी बरोबर बसेल असा पत्र्याचा

डबा घ्या. त्यामध्ये तळाशी कीटक बसविलेला कार्डबोर्डचा तुकडा ठेवा. नंतर डब्याचे वरचे झाकण काढून टाका व त्या ठिकाणी काच बसवा. उष्णकटिबंधातील प्रदेशामध्ये कीटकांचे नमुने सांभाळून ठेवणे कठीण असते. कारण अशा ठिकाणी मुंग्यांचा उपद्रव बराच होतो. त्यांच्या काही जाती कीटकांच्या पोटातील ताज्या किंवा वाळलेल्या भागावर तुटून पडतात आणि डोके, छाती व पंख सोडून इतर सर्व भाग खाऊन टाकतात. हा नाश टाळण्याकरिता मुंग्या आत जाऊ नयेत म्हणून पेट्यांची झाकणे अगदी घट्ट बसविली पाहिजेत किंवा या पेट्यांना तळाशी दिलेले आधार पाण्यात ठेवले पाहिजेत. पाणी वापरले तर ते बाष्पीभवनाने कमी होते. त्यामुळे मधून मधून पाणी घालावे लागते. तसेच डासांची वाढ होऊ नये म्हणून पाण्यावर तेलाचा किंवा जंतुनाशक द्रवाचा थर टाकावा लागतो. तेव्हा पाण्याऐवजी इंजीनमधील निरुपयोगी झालेले तेल वापरणे सोईचे असते, कारण ते पाण्याइतकेच उपयोगी पडते; शिवाय ते सारखे बदलण्याचीही जरूरी नसते. कीटकांच्या पेट्या टेबलावर ठेवाव्या. नंतर पत्र्याचे डबे घेऊन त्यामध्ये तेल किंवा जंतुनाशक द्रव पदार्थ घालावे. या प्रत्येक डब्याच्या मध्यावर एक लहान डबा उलटा ठेवावा. या उलट्या डब्याच्या पृष्ठभागावर टेबलाचा एकेक पाय राहिल अशा प्रकारे टेबल ठेवावे. म्हणजे लाकडी पायांचा तेलाशी प्रत्यक्ष संबंध येणार नाही व ते स्वच्छ व सुरक्षित राहतील. अशी व्यवस्था केल्यामुळे मुंग्या किंवा इतर उपद्रवी कीटक तेलामधून जाऊ शकणार नाहीत व टेबलावर चढणार नाहीत.

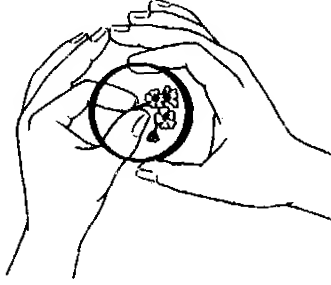
इतर प्राण्यांचे नमुने :- जमिनीवर व पाण्यात राहणारे प्राणी (उभयवासी), सरपटणारे प्राणी, पक्षी व सस्तन प्राणी पेटिमध्ये ठेवून तेथे क्लोरोफॉर्ममध्ये बुडविलेले कापसाचे बोळे ठेवले म्हणजे हे प्राणी मरण्यास फारसा वेळ लागत नाही. अशा प्रकारे मेलेले प्राणी ७० टक्के अल्कोहोलमध्ये किंवा ४ टक्के फॉर्मलिनमध्ये ठेवले म्हणजे खूप दिवस टिकतात. जलस्थलवासी व सरपटणारे प्राणी तसेच मृदू शरीराचे प्राणी (गोगलगाय, कालवे) व कवचजीवी प्राणी (खेकडे) अल्कोहोलमध्ये चांगले टिकतात. विशेषतः उष्ण कटिबंध प्रदेशात कीटकांचे सांगाडे स्वच्छ करण्याचे व कठीण कवचाच्या प्राण्यांचा आतील मांसल भाग काढून

टाकण्याचे काम मुंग्यांवर सोपवावे. त्याकरिता मेलेले कीटक सुरक्षित जागी उघडे ठेवावे. मुंग्यांना त्यांचा पत्ता ताबडतोब लागतो व त्या आपले काम चोखपणे बजावतात. शिल्लक राहिलेले सांगाडे दूध-ब्रशने कुंचलून साफ करावे. नंतर ब्लीचिंग पावडर लावून ते हायड्रोजन पेरॉक्साईडने धुवून घ्यावे.

५) वनस्पतींचे नमुने

हे दाबाखाली ठेवीपर्यंत ताजे राहावे लागतात. त्याकरिता ते एका डब्यात ठेवून तो डबा शीतपेटीत (रेफ्रिजरेटर) ठेवावा. त्यामुळे आठवडाभर नमुने ताजे व ताठ राहतील.

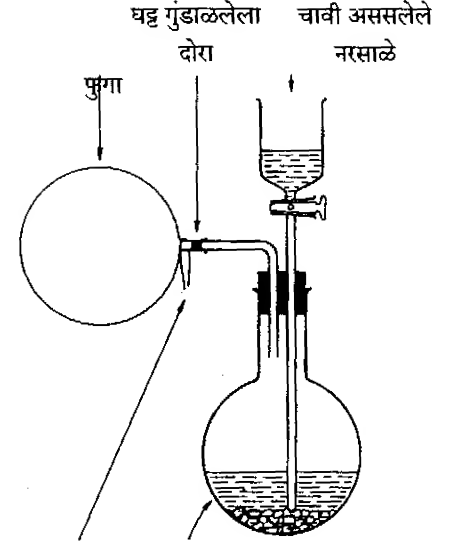
६) हातात भिंग धरणे



लहान मुलांना हातात भिंग धरून वस्तू पाहणे नीटसे जमत नाही, कारण हातावर ताबा राहत नसल्यामुळे भिंग आणि वस्तू स्थिर राहत नाहीत. त्यामुळे वस्तू स्पष्ट दिसत नाही. त्याकरिता पुढील युक्ती करावी. एका हाताचा अंगठा व त्याजवळील बोट यांमध्ये भिंग धरावे. दोन्ही हातांची मधली बोटे एकमेकांस चिकटवून दाबून ठेवावी, म्हणजे वस्तू व भिंग यांमधील जुळवून घेतलेले अंतर टिकविणे सोपे जाते.

७) हायड्रोजनचे फुगे

एक काचेचा मजबूत चंबू किंवा बाटली घ्यावी. त्यास दोन छिद्रे असलेले बूच बसवावे. एका छिद्रामध्ये थिसेल फनेलऐवजी चावी असलेले नरसाळे बसवावे. दुसऱ्या छिद्रामध्ये काटकोनात वाकविलेली काचेची नळी बसवावी. या नळीच्या बाहेरील टोकावर फुगा बसवावा. त्याभोवती दोरा गुंडाळून ठेवावा म्हणजे फुगा हायड्रोजनने भरल्याबरोबर त्याचे तोंड बंद करून तो नळीवरून काढून घेता येईल. चावी सोडल्याबरोबर चंबूमध्ये आम्ल पडेल. लगेच चावी बंद करावी.



बांधण्याकरिता तयार ठेवलेला दोरा

सौम्य गंधकाम्ल व जस्त

८) उष्णकटिबंधाच्या प्रदेशातील परिस्थिती

या प्रदेशात विशेषतः पावसाळ्यामध्ये प्रयोगशाळा सुस्थितीत ठेवताना निरनिराळ्या कारणामुळे अनेक प्रकारच्या अडचणी उत्पन्न होतात. काही वस्तू नाश पावतात, कागद एकमेकांस चिकटून बसतात, काही नमुन्यावर बुरशी चढते, भिंगावर एक प्रकारचा तवंग येऊन त्यांचे पृष्ठभाग खराब होतात इत्यादी. याशिवाय मुंग्या, वाळवी व इतर कीटकांचे विनाशकार्य चालूच असते.

अशा वेळी शक्य तर वाताभेद्य केलेल्या बरण्यांमध्ये वस्तू ठेवाव्या. काचेच्या वायुपात्रावर व्हॅसलीन लावलेली काचेची झाकणे बसवावी. फिरकीच्या झाकणाच्या बरण्या जास्त चांगल्या (लिमलेटच्या गोळ्या ठेवतात तसल्या.) बिस्किटांचे धातूचे डबे घेतले तर त्यांचे तोंड व झाकण यांवर चिकटपट्टी बसवून ते वाताभेद्य करता येतील.

सूक्ष्मदर्शक यंत्र वापरात नसेल तेव्हा त्यातील भिंगे शोषणपात्रात ठेवावी. व्हॅसलीन लावलेल्या कागदामध्ये सुया खुपसून ठेवाव्या. वेगवेगळे स्कू, व्हर्निअर, पट्ट्या, नादकाटे इत्यादी धातूच्या उपकरणांवर ग्रीजचा पातळ थर द्यावा. लोखंडी स्टँड्स, त्यांच्या क्लिप्स, स्कू, वर्गरेना तेल लावावे. शस्त्रक्रिया करावयाच्या चाकूंना व्हॅसलीन चोपडून ते पेटीत ठेवावे. हत्यारांचे धातूचे भाग तेलकट

कापडाने किंवा चिंध्यांनी पुसून ठेवावे.

खळ, सरस आणि डिक यामध्ये काही रासायनिक पदार्थ मिसळले म्हणजे त्यांचे कीटकांपासून निवारण होईल. या प्रकारचे तयार केलेले चिकट पदार्थ बाजारात विकत मिळतात. वरील चिकट पदार्थ प्रयोगशाळेत तयार केले तर त्यामध्ये मर्क्युरिक क्लोराइड नावाचे रासायनिक द्रव्य मिसळावे. त्यामुळे ते चांगल्या स्थितीत राहतात. (या बाबतीत 'कॅल्शियम क्लोराइड इन्स्टिट्यूट, १०९, रिंग बिल्डिंग, वॉशिंग्टन, डी.सी., यू.एस.ए.' या प्रकाशन संस्थेने प्रकाशित केलेले 'हट्स ईझी टू रिड्यूस ह्युमिडिटी' हे पुस्तक उपयोगी पडेल.

१) वनस्पतीकरिता द्रावण

एक लीटर ऊर्ध्वपातित पाण्यात खालील शुद्ध क्षार मिसळा.

- ०° ७० ग्रॅम -- पोटॅशियम नायट्रेट
- ०° २५ ग्रॅम -- कॅल्शियम सल्फेट (स्फटिक जलयुक्त)
- ०° २५ ग्रॅम -- कॅल्शियम हैड्रोजन फॉस्फेट (स्फटिक जलयुक्त)
- ०° २५ ग्रॅम -- मॅग्नेशियम सल्फेट (स्फटिकजलयुक्त)
- ०° ०८ ग्रॅम -- सोडियम क्लोराइड (मीठ)
- ०° ००५ ग्रॅम -- लोखंडाचे क्लोराइड (स्फटिकजलयुक्त)

या द्रावणात खालील द्रावणे मिसळा :

१ मि. लीटर -- शे. ०° ०६ तीव्रतेचे बोरिक ऑसिडचे द्रावण.

१ मि. लीटर -- शे. ०° ०४ तीव्रतेचे मॅग्नेशियम क्लोराइडचे द्रावण.

१०) रंगद्राव

सूक्ष्मदर्शक यंत्रातून पाहताना काचांवर (स्लाइड) विशिष्ट रंग टाकावे लागतात. ते बाजारात तयार विकत मिळतात. खालील रंगद्रावांची यादीही उपयोगी पडेल.

(अ) **अॅनिलीन सल्फेट** : याच्या संपृक्त (सॅच्युरेटेड) द्रावणामध्ये सौम्य गंधकाम्लाचे काही थेंब टाकावे.

आ) **बोरॅक्स कारमाइन** : १०० मि. लीटर पाण्यामध्ये ४ ग्रॅम बोरॅक्स विरघळवा. त्यामध्ये ३ ग्रॅम कारमाइन टाकून ते विरघळेपर्यंत हे द्रावण तापवा. नंतर

शे. ७० तीव्रतेचा १०० मि.ली. एथिल आल्कोहोल मिसळून सर्व द्रावण गाळून घ्या.

इ) **सॅफ्रेनिन** : १०० मि.लीटर पाण्यात किंवा शे. ५० तीव्रतेच्या १०० मि.लीटर एथिल आल्कोहोलमध्ये हे औषध १ ग्रॅम इतके मिसळा.

११) समुद्राचे पाणी

दोन लीटर पाण्यामध्ये खालील पदार्थ मिसळले म्हणजे समुद्राचे पाणी तयार होईल.

४५° ० ग्रॅम सोडियम क्लोराइड

३° ५ ग्रॅम मॅग्नेशियम सल्फेट

५° ० ग्रॅम मॅग्नेशियम क्लोराइड

२° ० ग्रॅम पोटॅशियम सल्फेट

१२) विद्युत संचायकातील द्रावणे

अ) शिशाचा विद्युत संचायक :

वेगवेगळ्या परिस्थितीत संचायकातील गंधकाम्लाचे विशिष्ट गुरुत्व खालीलप्रमाणे असले पाहिजे.

संचायक पूर्णपणे चार्ज झाला असेल तेव्हा -- १° २८

संचायक अर्धवट चार्ज झाला असेल तेव्हा -- १° २१

संचायक डिस्चार्ज झाला असेल तेव्हा -- १° १५

वरील आकडे अंदाजे नमूद केले आहेत. त्यापेक्षा विद्युतसंचायक प्रत्यक्ष तयार करून विकणाऱ्यांनी या बाबतीत ज्या सूचना दिल्या असतील, त्यांचा अवलंब करणे जास्त चांगले असते. १° २८ विशिष्ट गुरुत्वाचे गंधकाम्ल साधारणपणे खालीलप्रमाणे तयार करता येईल.

एक काचेचे चंचुपात्र (बीकर) घेऊन ते सुमारे दोन तृतीयांश उंचीपर्यंत शुद्ध पाण्याने भरा. पाणी ढवळीत राहून त्यामध्ये तीव्र गंधकाम्ल हळूहळू ओता. उष्णता उत्पन्न होऊन त्यामुळे मिश्रण खूप तापले की, जरा वेळ थांबून मिश्रण थंड होऊ द्या. त्यानंतर पूर्वीप्रमाणेच काळजीपूर्वक गंधकाम्ल ओता. खोलीतील वातावरणाइतके मिश्रणाचे उष्णमान झाले म्हणजे त्याचे विशिष्ट गुरुत्व मोजा. त्याकरिता तरकाटा वापरावा. जरूरीप्रमाणे मिश्रणात पाणी किंवा गंधकाम्ल मिसळून आपणास पाहिजे तेवढे विशिष्ट गुरुत्व करून घेता येईल.

आ) निकेल व लोखंडाचा (नाइफ) संचायक :

कॉस्टिक सोड्याच्या द्रावणाचे विशिष्ट गुरुत्व पुढील प्रमाणे असावे.

	उष्णमान		
	६०° से.	८०° से.	१००° से.
संचायक प्रथम भरता असता	१°१९०	१°१८५	१°१८०
संचायक पूर्णपणे चार्ज होऊन चालू असता	१°१७०	१°१६५	१°१६०

एक गॅलन किंवा पाच लीटर पाण्यात चार पौड किंवा दोन किलोग्रॅम कॉस्टिक सोडा मिसळला असता साधारण योग्य असे मिश्रण मिळेल. नंतर जरूरीप्रमाणे पाणी मिसळून घेता येईल.

१३. धुव ठरविण्याचा कागद

सोडिअम सल्फेट पाण्यात टाकून त्याचे द्रावण तयार करा. या द्रावणात फेनॉलफ्थेलीनचे काही थेंब टाका. नंतर एक टीपकागद द्रावणात बुडवून काढा. कागद ओलसर असतानाच त्यावर विद्युतघटाला जोडलेल्या तारांची दोन टोके काही अंतरावर ठेवा. ऋण ध्रुवाशेजारी कागद तांबडा होईल.

१४) विद्युत-विलेपनाची (इलेक्ट्रो-प्लेटिंग) द्रावणे

अ) तांबे : ३०० मिली-लीटर पाण्यात सुमारे १०० ग्रॅम मोरचुदाचे स्फटिक विरघळवा. त्यामध्ये ६ ग्रॅम पोटॅशियम बाय-सल्फेट व ५ ग्रॅम पोटॅशियम सायनाइड मिसळा. द्रावणात पाणी ओतून ते ४५० मिली-लीटर इतके करा. (हे द्रावण तयार करताना ते थंड राहिल अशी काळजी घ्या).

आ) चांदी : सुमारे ५०० मिली-लीटर पाण्यामध्ये २० ग्रॅम सोडिअम सायनाइड (विषारी) व ४० ग्रॅम सोडिअम कार्बोनेटचे स्फटिक विरघळवा. दुसऱ्या भांड्यामध्ये २५० मिली-लीटर पाण्यात २० ग्रॅम सिल्व्हर (चांदीच्या) नायट्रेटचे द्रावण तयार करा. हे द्रावण पहिल्या द्रावणात हळूहळू मिसळा. नंतर द्रावणांच्या या मिश्रणात पाणी घालून त्यांचे आकारमान एक लीटर करा.

(धातूचा मुलामा ज्यावर देतात त्यास विद्युत-प्रस्थ इलेक्ट्रोड म्हणतात. याच्या आकारमानावर द्रावणातून विद्युतप्रवाह किती शक्तीचा पाठवावयाचा ते अवलंबून असते. प्रस्थांचे क्षेत्रफळ १०० चौ.सें.मी. असेल तर २ ऑम्पिअरपेक्षा जास्त विद्युतप्रवाह असू नये. क्षेत्रफळ कमी

असल्यास त्या प्रमाणात विद्युत-प्रवाह कमी असावा. प्रस्थावर चढलेला धातूचा थर प्रथम मळकट दिसेल. तो थर चांगला घासला म्हणजे चकचकीत व स्वच्छ दिसेल. घासण्याकरिता हाडाच्या बोथट सुरीचा (स्पॅट्यूला) किंवा दुसऱ्या कोणत्याही गुळगुळीत पण कठीण पृष्ठभाग असलेल्या अधातूचा उपयोग करावा.)

१५) चांदीचा मुलामा देण्याचे द्रावण (काचेवर चांदीचा मुलामा देऊन आरसा तयार करणे.)

प्रथम १०० मिली-मीटर पाण्यामध्ये १२.५ ग्रॅम सिल्व्हर (चांदीचे) नायट्रेट विरघळवा. दुसऱ्या भांड्यामध्ये १०० मिली-लीटर पाण्यात ३२.५ ग्रॅम सोडिअम पोटॅशियम टार्टरेटचे द्रावण तयार करा. दोन्ही द्रावणे एकमेकात मिसळा. हे मिश्रण ५५° से. तपमानापर्यंत तापवून त्याच तपमानास ५ मिनिटे ठेवा. नंतर मिश्रण थंड होऊ द्या. तळाशी साका (प्रेसिपिटेड) साठून राहिला म्हणजे वरचे पाणी हळूच ओतून घ्या. त्यामध्ये पाणी ओतून ते २०० मिली-लीटर करा. हे 'अ' द्रावण तयार झाले. आता दुसऱ्या एका भांड्यात १२ मि.लीटर पाणी घेऊन त्यामध्ये १.५ ग्रॅम सिल्व्हर (चांदीचे) नायट्रेट विरघळवा. या द्रावणात अमोनियम हायड्रॉक्साइडचे सौम्य द्रावण हळूहळू मिसळा. प्रथम साका तयार होईल; परंतु तो जवळ जवळ पूर्णपणे विरघळून जाईपर्यंत मिसळणे चालू ठेवा. नंतर त्यात पाणी घालून २०० मिली-लीटर द्रावण तयार करा. हे 'आ' द्रावण तयार झाले. आता 'अ' व 'आ' ही दोन्ही द्रावणे एकमेकांत मिसळा. काचेच्या ज्या पृष्ठभागावर चांदीचा मुलामा द्यावयाचा असेल तो पृष्ठभाग चांगला स्वच्छ करा. विशेषतः त्यावरील तेलकटपणा काढून टाका. नंतर हा पृष्ठभाग खाली करून ती काच वरील द्रावणात जेमतेम बुडून राहिल अशी लोंबत ठेवा. एखाद्या काचेच्या स्वच्छ परीक्षानळीत किंवा लहानशा चंबूत वरील द्रावण ओतले तर काही वेळाने त्याच्या आतील बाजूवर चांदी चढलेली दिसेल. द्रावण थोडेसे गरम केले तर चांदीचा मुलामा लवकर चढण्यास मदत होईल.

१६) उष्णतेमुळे रंग बदलणारा कागद

पाण्यातील कोबाल्ट क्लोराइडचे द्रावण नवसागराच्या द्रावणात मिसळा. या मिश्रणास (परस्पर प्रमाण काहीही

चालेल) फिकट गुलाबी रंग येईपर्यंत त्यात पाणी मिसळा. आता या मिश्रणात गालन-कागद बुडवून बाहेर काढा व वाळवा. वाळल्यानंतर तो रंगहीन (पांढरा) दिसेल. परंतु तो गरम केला तर चकचकीत हिरव्या रंगाचा दिसेल.

१७) निरनिराळ्या वस्तू सांधण्याकरिता सीमेंट

निरनिराळ्या वस्तू सांधण्याकरिता बाजारात वेगवेगळ्या प्रकारचे सीमेंट मिळते; परंतु तसे न मिळाल्यास प्रयोगशाळेत खालील प्रकारचे सीमेंट तयार करता येईल.

आम्ल विरोधक सीमेंट

१ भाग रबराचे द्रावण

२ भाग लिन्सीड (अळशी) तेल

३ भाग पांढऱ्या चिकणमातीची किंवा शाडूची पूड

अक्वेरियम सीमेंट (पाणघराकरिता)

अ) गंधकाची पूड, नवसागर व लोखंडाचा कीस सारख्या प्रमाणात घेऊन त्यांचे मिश्रण करावे. त्यामध्ये उकळलेले लिन्सीड (अळशी) तेल घालून ते मिश्रण चांगले घोटावे. नंतर त्यात व्हाइट लेड (शिशाचे ऑक्साइड) घालावे व घट्ट पेज तयार करावी. ही मऊ असतानाच वापरावी.

आ) शेंदूर व गोल्ड साइझ (सोनेरी व्हार्निश) यांचा लगदा तयार करा व तो लगेच उपयोगात आणा. काही दिवसांनी पक्के बसल्यावर पाणघर पाण्याने खळबळून धुवून मग उपयोगात आणा.

सेल्युलॉइड सीमेंट

ऑसिटोन किंवा ऑमिल ऑसिटेटमध्ये सेल्युलॉइडचे तुकडे विरघळविले म्हणजे सेल्युलॉइड चिकटविण्याचे सीमेंट तयार होते. लहानसे विद्युत-संचायक तयार करताना या सीमेंटचा उपयोग होतो.

लोखंडाकरिता सीमेंट

१० भाग लोखंडाचा चांगला कीस

१ भाग गंधकाचे फूल (फ्लॉवर्स ऑफ सल्फर)

१ भाग नवसागर

वरील मिश्रण पाण्यात कालवून त्याचा लगदा लगेच उपयोगात आणा.

मेणासारखे चिकट सीमेंट

चॅटरटनचे मिश्रण

१ भाग आर्केन्जल (खडे) डांबर

१ भाग राळ

दोन्हीचे मिश्रण तापवा म्हणजे ते वितळेल. नंतर यामध्ये ३ भाग केपच्या रबराचे तुकडे मिसळा.

फॅरॅडेचे सीमेंट

५ भाग राळ

१ भाग मधमाशांच्या पोळ्यांतील मेण

१ भाग पिवळी काव

प्रथम एका भांड्यांत राळ व मेण यांचे मिश्रण तापवा. ते वितळले म्हणजे त्यात काव कालवा.

वुडचा मिश्र-धातू (वितळण्याचा बिंदू ७०° से.)

२ भाग शिसे ८ भाग बिस्मथ

४ भाग कथील २ भाग कॅडमिअम

डॉरसेटचा मिश्र धातू (वितळण्याचा बिंदू ७०° से.)

५ भाग शिसे

३ भाग कथील

८ भाग बिस्मथ

१८) डाक देण्याचा मिश्र धातू

दोन धातू एकमेकांना साधण्याकरिता डाक लावतात. हा मिश्र धातूचा बनवितात. त्यामध्ये शे. ६६ कथील व शे. ३४ शिसे असते. याच्या कांड्या किंवा सळ्या असतात. हा धातू वितळवून मग वापरतात. त्याकरिता तांब्याचा खड्या वापरतात. या खड्या बुन्सेनच्या दिव्यावर अगर स्टोव्हर तापवितात किंवा विजेचा उपयोग करून तापवितात. त्याकरिता ७५ वॅट शक्तीचा हीटर पुरतो.

डाक देण्यापूर्वी खड्याचे टोक खरबडून स्वच्छ केले पाहिजे किंवा फ्लक्स (डाक चांगला बसावा म्हणून वापरण्यात येणारा पदार्थ) मध्ये बुडवून काढले पाहिजे. नाहीतर सांधा बरोबर होणार नाही. खड्या विशिष्ट तपमानापर्यंत तापवून डाकाच्या सळईवर धरल्या म्हणजे काही धातू वितळून खड्याच्या टोकावर पसरून राहिल. प्रत्यक्ष साधण्याचे काम करण्यापूर्वी ही कृती करावी लागते. तीस डाक चढविणे म्हणतात.

जे दोन धातू जोडावयाचे असतील त्यांचेही पृष्ठभाग स्वच्छ करून त्यांच्यावर डाक पसरला पाहिजे. याकरिता तापविलेल्या खड्याचे टोक पृष्ठभागावर ठेवावे. खड्याच्या टोकाशी असलेला वितळलेला डाक खड्यानेच जरूर तेवढ्या पृष्ठभागावर पसरवा.

अशा प्रकारे दोन्ही पृष्ठभागांना डाक लावल्यानंतर ते एकमेकांवर ठेवावे व तापलेल्या खड्यानेच त्यांना उष्णता द्यावी. दोन्ही पृष्ठभागांवरील डाकाचे थर वितळून एकमेकांत मिसळतील. नंतर ते पृष्ठभाग थंड झाले म्हणजे एकमेकांस घट्ट चिकटून पक्के बसतील. पृष्ठभाग फार मोठे असतील तर ते प्रत्यक्ष ज्योतीने तापवावे म्हणजे जरूर तेवढे उष्णमान मिळू शकेल.

डाक चांगला व पक्का होण्याकरिता स्वच्छता, फ्लक्स व विशिष्ट उष्णमान या तीन गोष्टी मुख्यतः साधल्या पाहिजेत.

फ्लक्स : (डाक देताना धातूवर डाक चढवून दोन पृष्ठ भाग पक्के चिकटविण्यास मदत करणारा उपयुक्त पदार्थ) तांबे, पितळ व टिनप्लेट (कथलाच्या मुलाम्याचे पत्रे) यांचे जोड देण्याकरिता राळ जास्त उपयोगी असते. परंतु लोखंड व पोलाद यांच्या बाबतीत तिचा नीटसा उपयोग होत नाही.

जस्ताचे तेजाब (डेड झिंक क्लोराईड किंवा किल्ड स्पिरिट) फ्लक्स म्हणून वापरण्यास सोईचे असते; परंतु त्याचा धातूवर परिणाम होऊन धातू खाल्ला जातो. क्लोराईड तयार करण्याकरिता जस्ताच्या पुष्कळ तुकड्यांवर लवणाम्ल टाकावे. आम्लाची क्रिया पूर्ण होईपर्यंत थांबावे. नंतर तयार झालेला द्रव रुंद तोंडाच्या भांड्यामध्ये गाळून घ्यावा.

विशिष्ट प्रकारचे डाक देण्याकरिता, विशिष्ट प्रकारचे फ्लक्स बाजारात मिळतात. 'फ्लक्साइट' नावाचा पदार्थ सामान्यपणे सर्व ठिकाणी वापरता येतो.

हल्ली डाक देण्याची पेस्टही मिळते. तीत डाक व फ्लक्स दोन्ही एकत्रच असतात. ते मिश्रण ब्रशने लावून खड्याने जरूर तेवढी उष्णता दिली म्हणजे सांधा पक्का होतो.

शिशाला शिसे किंवा पितळ जोडण्याकरिता चरबीचा फ्लक्स म्हणून उपयोग करतात. पितळ, तांबे, कथील व जस्त या धातूंकरीता राळ किंवा किल्ड स्पिरिट वापरतात. लोखंड व चांदीकरिता किल्ड स्पिरिट उपयोगी पडते. डाक दिल्यानंतर किल्ड स्पिरिट पाण्याने धुवून काढावे आणि राळ किंवा फ्लक्साइट स्पिरिटने पुसून घ्यावे.

१९) फळे रंगविणे.

फळे रंगविण्याकरिता पुढील मिश्रणाचा चांगला उपयोग होईल.

१०० ग्रॅम लाख

१,००० मिली-लीटर अल्कोहोल

१०० ग्रॅम 'प्युमिस' नावाच्या दगडाची पूड

१०० ग्रॅम काजळी

प्रथम थोड्या अल्कोहोलमध्ये लाख टाकून ठेवावी. ती विरघळण्यास जरा वेळ लागेल. तोपर्यंत राहिलेल्या अल्कोहोलमध्ये काजळी मिसळावी. दोन्ही मिश्रणे एकमेकांत मिसळून मलमलीच्या कापडातून गाळून घ्यावे. नंतर तयार झालेला रंग वापरण्यापूर्वी तो चांगला हलवून घ्यावा.

२०) गडद (डेड) काळा रंग

प्रकाशयंत्राच्या आतील बाजू रंगविण्याकरिता हा रंग वापरतात. त्यामुळे प्रकाशयंत्रात येणाऱ्या किरणांचे इतस्ततः परावर्तन होत नाही व किरणांचे विकीरण (डिफ्युझन) कमी होते. त्यामुळे प्रतिमा जास्त स्पष्ट दिसते. प्रथम काजळी व गोल्ड साइझ (सोनेरी व्हार्निश) यांचे मिश्रण करावे. नंतर त्यामध्ये टर्पेटाईन घालून ते रंग देण्याइतपत पातळ होईपर्यंत सारखे ढवळावे.

२१) फ्ल्युओरेसिनचे द्रावण

१०० मिलीलीटर मेथिलेटेड स्पिरिटमध्ये १ ग्रॅम फ्ल्युओरेसिन विरघळावे म्हणजे योग्य असे द्रावण तयार होईल. प्रकाशाच्या प्रयोगाकरिता हे द्रावण उपयुक्त असते. कारण यामधून गेलेल्या प्रकाश-किरणांचा मार्ग अगदी स्पष्ट दिसू शकेल.

२२) काच कापणे.

अ) काचेचे तावदान (शीट)

प्रथम काच ठेवण्याकरिता एक बळकट व सपाट बैठक तयार करा. त्याकरिता ब्लॅकट किंवा लोकरीचे जाड कापड टेबलावर पसरून ते टेबल वापरले तरी चालेल.

एक हिरकणी किंवा काच कापण्याचे हत्यार व एक पट्टी घ्या. काच कापावयाची असेल त्या दिशेने पट्टी ठेवून हत्याराने काचेवर एक रेघ (ओरखडा) काढा. आता काचेचा तुकडा उलटा करून टेबलावर ठेवा. नंतर हत्याराच्या लाकडी मुठीने ओरखड्याच्या रेघेवर हलकेच ठोके मारा. यामुळे काचेला मोठी चीर पडून तिचे दोन तुकडे होतील. नाहीतर काच सुलटी करा व ओरखड्याच्या दोन्ही बाजूस काच एकेका हातात धरा. नंतर ओरखड्याचा बिजागिरीसारखा उपयोग करून काच हळूहळू वाकवा म्हणजे काचेचे दोन तुकडे होतील.

आ) काचेच्या नळ्या :

काच कापण्याच्या सुरीने नळ्या कापता येतात. अशा सुऱ्या बाजारात विकत मिळतात. पुष्कळ वेळा कानसही वापरतात; परंतु तिच्यामुळे काचेला सफाईदार चीर पडण्यापूर्वी खोलगट कड तयार होते.

जरूर त्या ठिकाणी नळीच्या सभोवताली चीर पाडा. नंतर या चिरेच्या दोन्ही बाजूस नळी हाताचा अंगठा व त्याजवळील बोट यामध्ये धरून दोन्ही बाजू थोड्याशा वर उचलून ओढा.

अगदी लहान तुकडा पाडावयाचा असेल तर नळी एका हातात धरून तिचा चीर पाडलेला भाग बळकटशा नळीवर अगर तोटीवर ठेवा. नंतर काचेच्या नळीच्या लहान भागावर एखाद्या कठीण पदार्थाने ठोका.

रुंद तोंडाची नळी असेल तर तिचा चांगला तुकडा पडण्याकरिता नळीसभोवती चांगली चीर पाडली पाहिजे. नळीवर योग्य जागी ओरखडा घेऊन त्या ठिकाणी वितळलेल्या काचेच्या नळीचे टोक ठेवा. त्यामुळे नळीसभोवताली पूर्णपणे चीर पडेल. दोन्ही बाजूंनी येणारी चीर एकमेकांस बरोबर मिळाली नाही, तर चीर न पडलेल्या भागाच्या दोन्ही बाजूस नळी धरून ती वाकवावी म्हणजे नळीचे दोन तुकडे होतील.

इ) काचेच्या बाटलीचा तळ कापून टाकणे.

बाटलीच्या तळाच्या वर योग्य ठिकाणी बाटलीभोवती एक चीर काढा. या चिरेच्या दोन्ही बाजूंना बाटलीसभोवती ओलसर टीपकागद गुंडाळा.

गॅसच्या दिव्याच्या ज्योतीवर ही चीर धरून बाटली फिरवा. त्यामुळे काच तडकून तिचे दोन भाग होतील.

फुटलेल्या भागाच्या ओबडधोबड कडा कानशीने घासून गुळगुळीत करा. किंवा काचेच्या एका सपाट तुकड्यावर कार्बोरडमची पेस्ट पसरून तीवर या कडा घासा.

(अशा प्रकारच्या तयार केलेल्या बाटल्या विद्युतविच्छेदनाच्या इलेक्ट्रॉलिसिस-प्रयोगाकरिता किंवा बेल जार म्हणून वापरता येतात. बेल-जार वाताभेद्य करण्याकरिता त्याभोवती रबरी रिंग बसवितात.)

ई) वरीलपैकी 'अ' आणि 'इ' प्रयोगामध्ये पृथक-दिक (आल्टरनेटिंग) किंवा एक-दिक (डायरेक्ट) विद्युतप्रवाहाचा उपयोग करता येतो. काचेभोवती केलेल्या

चिरेवर जर्मन सिल्व्हर किंवा नायक्रोम धातूची तार गुंडाळून घ्यावी. या तारेमधून विद्युतप्रवाह सुरू केला की थोड्या वेळाने तार चांगली तापेल व तिच्या उष्णतेमुळे काच योग्य प्रकारे तडकेल. विजेचा बल्ब कापण्याकरिता याच पद्धतीचा उपयोग चांगला होतो.

२३) अग्निशामक (एक्सटिंग्विशर)

आग विझविण्याचे साधन ठरावीक ठिकाणी चटकन हाताशी येईल असे ठेवावे. त्याचप्रमाणे शिक्षक आणि विद्यार्थ्यांना या साधनाचा वापर योग्य प्रकारे व चटकन कसा करावयाचा याची चांगली माहिती असली पाहिजे.

प्रथमोपचाराची पेटी

प्रत्येक प्रयोगशाळेत किंवा शेजारच्या खोलीत प्रथमोपचाराची पेटी असलीच पाहिजे. शक्य तर ती एका स्वतंत्र कपाटात ठेवावी. त्या पेटीतील सर्व साहित्य व्यवस्थितपणे ठेवलेले असावे. प्रत्येक साहित्याचा उपयोग केव्हा व कसा करावयाचा याची माहिती शिक्षकास असणे जरूर आहे.

२४) ब्ल्यू-प्रिंटिंग

द्रावण क्रमांक १ : १० ग्रॅम पोटॅशियम फेरिसायनाईड व ५० मिली लीटर पाणी

द्रावण क्रमांक २ : १० ग्रॅम फेरिक अमोनियम सायट्रेट व ५० मिली लीटर पाणी

दोन्ही द्रावणे स्वतंत्रपणे तयार करून ती अंधान्या जागी किंवा अगदी अंधुक प्रकाश असलेल्या खोलीत ठेवावी. ती उपयोगात आणाताना दोन्ही द्रावणे समप्रमाणात एकमेकात मिसळा व ते मिश्रण अंधान्या जागी एका काचेच्या उथळ भांड्यात किंवा एनॅमेलच्या ट्रेमध्ये ठेवा. आता एक कागद घेऊन त्यावर सदर मिश्रण एका रुंद व मऊ ब्रशाने फासा. किंवा तो कागद मिश्रणाच्या पृष्ठभागावर काही सेकंद तरंगत ठेवा. कागदावर द्रावण चढेल म्हणजेच तो सचेतन (सेन्सिटाइज्ड) होईल. नंतर तो कागद अंधान्या खोलीतच टांगून ठेवून वाळवा.

आता एक चौकट घेऊन तीमध्ये वरील कागद बसवून त्यावर काळ्या शाईने चित्र काढलेला पारदर्शक कागद (ट्रेसिंग पेपर) किंवा ज्याचा छाप पाहिजे असेल ती आकृती असलेला कागद बसवा. ते साहित्य काही मिनिटे सूर्यप्रकाशात किंवा प्रखर दिव्याच्या प्रकाशात ठेवा. नंतर

तो कागद वाहत्या पाण्यात चांगला धुवून काढा.

२५) लाखेचा रंग

५ भाग अल्कोहोलमध्ये १ भाग लाख विरघळावा.

२६) नेहमी आढळणारे मिश्र धातू (अलॉइज) तयार करणे.

कमी तापमानावर वितळणारे मिश्र धातू

हे मिश्र धातू तयार करण्याकरिता साध्या बुन्सेन बर्नरची उष्णता भरपूर असते. प्रथम बिस्मथ व शिसे एकत्र तापवून वितळवावे. नंतर इतर धातू त्यांत विरघळावे. मात्र वाजवीपेक्षा जास्त उष्णमान होऊ देऊ नये. नाहीतर धातू जळून जाण्याचा संभव असतो. खाली लिहिलेले प्रमाणाचे आकडे वजनाचे आहेत.

मिश्रधातू	शिसे	कथील	बिस्मिथ	कॅडमिअम
वुडचा धातू	४	२	७	१
डाकाचा धातू	१	१	०	०
विद्युत्तारिणीचा धातू	८.५	२.५	१.३	०

जास्त तापमानावर वितळणारे मिश्र धातू

हे मिश्रधातू तयार करण्याकरिता भरपूर उष्णमानाची जरूरी असते. त्याकरिता भट्ट्यांचा उपयोग करावा लागतो. प्रथम तांबे वितळवून घ्यावे लागते व नंतर त्यामध्ये इतर धातू मिसळतात.

मिश्रधातू	तांबे	कथील	जास्त
ब्राँझ	८०	५	१५
घडीव पितळ	५८	०	४२
ओतीव पितळ	७२	४	२४

२७) रंगविणे.

अ) प्रत्यक्ष क्रिया :

सुती कापड रंगविण्यापूर्वी त्याची खळ प्रथम काढून टाकावी. त्याकरिता ते कापड सौम्य लवणाम्लात (हायड्रोक्लोरिक अॅसिड -HCl) ५ मिनिटे उकळावे. १० भाग पाण्यात एक भाग तीव्र लवणाम्ल या प्रमाणात मिश्रण केले म्हणजे जरूर तेवढे सौम्य लवणाम्ल तयार होते. खालील प्रमाणे रंग तयार करावा.

- ०.५ ग्रॅम कांगो रेड (तांबडा रंग)
- २.० ग्रॅम सोडिअम बायकार्बोनेट (NaHCO₃)
- १.० ग्रॅम सोडिअम सल्फेट (Na₂SO₄)
- २००.० मिलि लीटर शुद्ध पाणी (H₂O)

या रंगद्रवामध्ये सुमारे ४ ते ५ मिनिटे कापड उकळून घ्यावे. नंतर ते थंड पाण्यात खळबळावे व वाळवावे.

कांगो रेडऐवजी मिथिलीन ब्ल्यू किंवा प्रिम्युलीन ब्राऊन हा रंगही वापरावयास हरकत नाही. प्रथम रंग व इतर क्षार एकत्र करावे. नंतर हे मिश्रण पाण्यात हळूहळू टाकावे व प्रत्येक वेळी ते चांगले ढवळावे. याच पद्धतीने पांढरे रेशीम, रेयॉन व लोकरीचे कपडे रंगविता येतात.

आ) रंग पक्का करणाऱ्या पदार्थांचा (मॉर्ट) उपयोग :

मॉर्टचा उपयोग कसा होतो ते दाखविण्याकरिता प्रथम सुती कापडाचा एक तुकडा अमोनियम सल्फेटच्या (NH₄)₂SO₄ सौम्य द्रावणात तापवून घ्या. नंतर तो अमोनियम हायड्रॉक्साइडच्या (NH₄OH) सौम्य द्रावणात काही वेळ ठेवा. शेवटी तो पाण्यात चांगला खळबळून धुवा. रेशमी कापडाला पक्का रंग देण्याकरिता ते टॅनिक अॅसिडमध्ये ५ मिनिटे उकळावा. नंतर ते टार्टर एमिटिक या द्रावणामध्ये काही मिनिटे ठेवा. वरील प्रकारची क्रिया केलेले व साधे कापड घेऊन त्यांची तुलना करता येईल. त्याकरिता दोन्ही प्रकारचे कापड (सुती व रेशमी) अॅलिझरिन नावाच्या तांबड्या रंगाच्या द्रावणात काही वेळ बुचकळून ठेवा. नंतर हे कापडाचे सर्व प्रकार साध्या पाण्यात खळबळून घ्या व वाळवा.

इ) मूळ रंग :

मालकाइट नावाचा हिरवा रंग वापरून मूळ रंगाचा उपयोग दाखविता येईल. त्याकरिता मालकाइट रंगाचे द्रावण पुढील पद्धतीप्रमाणे तयार करा. प्रथम २०० ग्रॅम पाण्यामध्ये १ ग्रॅम रंग विरवा. दुसऱ्या एका भांड्यात २०० ग्रॅम पाण्यात अॅसेटिक आम्ल घालून ते पाणी आम्लधर्मी करा. या पाण्यात वरील रंगाचे ४० ग्रॅम द्रावण मिसळा. आता या मिश्रणात रंग पक्का बसण्याकरिता क्रिया केलेले व साधे सुती आणि रेशमी कापड बुडवून ५ मिनिटे उकळून घ्या. नंतर सर्व कापड स्वच्छ पाण्यात चांगले खळबळून घ्या आणि वाळवा.

ई) पक्के रंग :

कापड रंगविताना त्यातील सुतावर रंग पक्का बसावा म्हणून पुढील तीन द्रावणांचा उपयोग करणे जरूर असते. १०० मिलिलीटर पाण्यामध्ये ०.१ ग्रॅम प्रिम्युलीन रंग व

०.१ ग्रॅम सोडिअम-बाय-कार्बोनेट (NaHCO_3) विरघळवा. हे पहिले द्रावण तयार झाले. यामध्ये खळ नसलेला कापडाचा एक तुकडा १ मिनिटभर उकळवा. नंतर ते कापड दुसऱ्या द्रावणात बुडवा. हे दुसरे द्रावण १०० मिलिलीटर पाण्यात ३ मिलिलीटर लवणाम्ल (HCl) व ०.५ ग्रॅम सोडिअम नायट्राईड (NaNO_2) मिसळून तयार केलेले असते. या द्रावणात कापडाचा तुकडा १५ मिनिटे ठेवावा. तिसरे म्हणजे विकासक (डेव्हलपिंग) द्रावण होय. हे द्रावण १०० मिलिमीटर पाण्यामध्ये ०.५ ग्रॅम सोडिअम हायड्रॉक्साईड (NaOH) व ०.०५ ग्रॅम फेनॉल मिसळून तयार केलेले असते. (फेनॉलऐवजी आल्फा नॅथॉल किंवा रेसॉरसिनॉलही वापरतात.) या द्रावणात कपडा २० मिनिटे बुडवून ठेवावा. तोपर्यंत द्रावण गरम असावे. शेवटी हे कापड स्वच्छ पाण्यात चांगले खळबळून घ्यावे आणि वाळवावे. निरनिराळ्या प्रकारच्या क्रियांनी रंग कितपत चांगले बसतात याची तुलना करावी.

२८) आगकाड्या तयार करणे.

लाकडाच्या लहान ढलप्या घ्या. किंवा आगपेटीतील वरचे डोके (गूल) कापून टाकलेल्या काड्याही चालतील. या काड्यांची टोके वितळलेल्या मेणात बुडवून काढा. आता २ ग्रॅम पोटॅशियम क्लोरेटची पूड (KClO_3) व १ ग्रॅम तांबडे अँटिमनी-ट्राय सल्फाईड (Sb_2S_3) यांचे मिश्रण तयार करा. मात्र हे मिश्रण दळू किंवा खलबत्यात घोटू नका. हाताच्या बोटांनीच दोन्ही पदार्थ एकत्र करा. या मिश्रणामध्ये थोडा डिक मिसळा म्हणजे त्यास चिकटपणा येईल. आता मेण लावलेली काड्यांची टोके या मिश्रणात बुडवून काढा आणि ही टोके खाली करून काड्या दिवसभर टांगून ठेवा. त्यामुळे टोकांवरील मिश्रण वाळून कठीण होईल. काड्या पेटविण्याकरिता लागणारा खरखरीत पृष्ठभाग पुढीलप्रमाणे तयार करतात. तांबडा फॉस्फरस व पांढरी बारीक वाळू यांचे समप्रमाणात मिश्रण तयार करा. त्यामध्ये थोडा डिक घाला. हे मिश्रण कार्डबोर्डच्या किंवा लाकडी तक्त्यावर पसरून ठेवा. ते चांगले वाळू द्या. नंतर या पृष्ठभागावर काड्यांची टोके घासली की काड्या पेट घेतात.

अशा प्रकारे तयार केलेल्या काड्या व कारखान्यात तयार केलेल्या सुरक्षित काड्या यांची परस्परांशी तुलना

करा. काही ठिकाणी असुरक्षित आगकाड्याही तयार करतात. त्यांचीही तुलना करून पहा.

२९) रासायनिक फुल-बाग

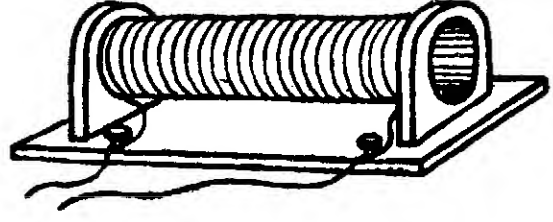
जलाभिसरण किंवा तर्षण (ऑसमॉटिक) क्रियेमुळे रासायनिक फुल-बाग तयार होते. याकरिता १.१ विशिष्ट गुरुत्वाचे सोडिअम सिलिकेटचे द्रावण तयार करावे. एका चंचुपात्रात वरील द्रावण सुमारे ४० मिलिलीटर घ्यावे. या द्रावणात तांबे, लोखंड, निकेल व अॅल्युमिनिअमची सल्फेट्स, तांबे व लोखंड यांची क्लोराइड्स, तांबे, लोखंड, कोबाल्ट, निकेल व कॅल्शियम यांची नायट्रेट्स इत्यादींचे तुकडे टाका. या तुकड्यांमधून फुलांची वाढ झालेली दिसेल. सिलिकेट्समुळे पातळ कोश तयार होतात. कोशातील द्रवाची तीव्रता बरीच असते. त्यामुळे तर्षण क्रिया होऊन कोशाची जलद वाढ होते.

३०) चुंबकत्व उत्पन्न करण्याकरिता तारेच्या वेटोळ्याचा उपयोग

सुमारे २.५ ते ३ सें.मी. व्यासाची व १३.५ सें.मी. लांबीची कार्डबोर्डची किंवा प्लॉस्टिकची पोकळ नळी घ्या. नळी ठेवण्याकरिता एक लाकडी बैठक तयार करा. या बैठकीच्या दोन्ही टोकांना आकृतीत दाखविल्याप्रमाणे दोन लाकडी फळ्या खालून स्कू पिळून उभ्या बसविता येतील. या फळ्यांना नळीच्या व्यासाएवढीच भोके पाडा. या भोकामध्ये नळीची दोन्ही टोके सरस लावून पक्की बसवा. आता या नळीभोवती २० किंवा २२ नंबरच्या विद्युत विरोधित पदार्थांने अवगुंठित केलेल्या (इन्शुलेटेड) तांब्याच्या तारेचे ४०० ते ५०० वेढे द्या. तारेची टोके बैठकीवरील टर्मिनलमध्ये बसवून टाका. जरूर तेवढ्या शक्तीचा विद्युतप्रवाह तारेमधून जाऊ द्यावा. प्रवाह वाजवीपेक्षा जास्त होऊ नये म्हणून विद्युतमंडळामध्ये (एकसर माला विद्युतघट योजना) रोधनीचा (रेझिस्टर) समावेश केलेला असावा. तारेमधून विद्युतप्रवाह सुरू झाला की पोलादी पट्टीच्या टोकावर हलकेच ठोके मारा. म्हणजे त्यामध्ये चुंबकत्व उत्पन्न होईल. या उपकरणाचा उपयोग करून चुंबकत्व नाहीसे झालेल्या चुंबक काट्यामध्ये व चुंबकपट्ट्यांमध्ये चुंबकत्व पुन्हा उत्पन्न करता येईल.

याच उपकरणाच्या साहाय्याने उलट सुलट दिशेने

वाहणाऱ्या विद्युत प्रवाहाचा उपयोग करूनही चुंबकत्व उत्पन्न करता येईल. विद्युतमंडळातील दाब बटणाचा (टॅप-की) उपयोग करून प्रवाह अधून मधून सुरू करावा. या पद्धतीने पाहिजे तेवढ्या शक्तीचा चुंबक तयार झाला नाही तर प्रवाह सुरू करण्याची क्रिया पुनः पुन्हा करावी. या पद्धतीने बरेच चुंबकत्व उत्पन्न होऊ शकते. त्याकरिता प्रयोग अनेक वेळा करून पहावा.



परिशिष्ट अ
वजने व मापे

लांबी-रुंदीची मापे		१०० पौंड	= १ हॅड्रेडवेट (अमेरिकन)
१२ इंच	= १ फूट	२,००० पौंड	= १ टन (अमेरिकन)
३ फूट	= १ यार्ड	२,२४० पौंड	= १ ग्रास टन (इंग्लिश)
५.५ यार्ड	= १ काठी (रॉड)	मूल्यवान धातूंचे व रत्नांचे वजन करण्याची मापे	
१६.५ फूट	= १ काठी	(Troy-ट्रॉय)	
३२० काठ्या	= १ मैल	२४ ग्रेन	= १ पेनीवेट
१,७६० यार्ड	= १ मैल	२० पेनीवेट	= १ औंस
५,२८०	= १ मैल	१२ औंस	= १ पौंड
६ फूट	= १ फॅदम	४३७ ^१ / _३ ग्रेन	= १ औंस अॅव्ही
क्षेत्रफळाची मापे		७,००० ग्रेन	= १ पौंड अॅव्ही
१४४ चौरस इंच	= १ चौरस फूट	४८० ग्रेन	= १ औंस ट्रॉय
९ चौरस फूट	= १ चौरस यार्ड	५,७६० ग्रेन	= १ पौंड ट्रॉय
३० ^१ / _४ चौरस यार्ड	= १ चौरस काठी	औषधांची वजने	
१६० चौरस काठ्या	= १ एकर	२० ग्रेन	= १ स्कूपल
६४० एकर	= १ चौरस मैल	३ स्कूपल	= १ ड्रॅम
१ चौरस मैल	= १ तुकडा	८ ड्रॅम	= १ औंस
३६ चौरस मैल	= १ टाउनशिप (गाव)	१२ औंस	= १ पौंड
घनफळाची मापे		५,७६० ग्रेन	= १ पौंड
१,७२८ घन इंच	= १ घन फूट	द्रव औषधे मोजण्याची मापे	
२७ घन फूट	= १ घन यार्ड	६० मिनिम	= १ द्रव ड्रॅम
लाकूड मोजण्याची मापे		८ द्रव ड्रॅम	= १ द्रव औंस
१६ घन फूट	= १ कॉर्ड फूट	१६ द्रव औंस	= १ पाइंट
१२८ घन फूट	= १ कॉर्ड	८ पाइंट	= १ गॅलन
८ कॉर्ड फूट	= १ कॉर्ड	वेळाची मापे	
वस्तू मोजण्याचे कोष्टक		६० सेकंद	= १ मिनिट
१२ वस्तू	= १ डझन	६० मिनिटे	= १ तास
१२ डझन	= १ ग्रास	२४ तास	= १ दिवस
१२ ग्रास	= १ मोठा ग्रास	७ दिवस	= १ आठवडा
२४ कागद	= १ दस्ता (कायर)	३६५ दिवस	= १ वर्ष
२० दस्ते किंवा ४८० कागद	= १ रीम	१२ महिने	= १ वर्ष
अॅव्हरड्यूपॉइस (AV) वजने		१० वर्षे	= १ दशक
(सामान्य पदार्थाकरिता)		१० दशक	= १ शतक
७,००० ग्रेन	= १ पौंड	द्रव पदार्थ मोजण्याची मापे (अमेरिका)	
१६ औंस	= १ पौंड	४ जिल	= १ पाइंट

२ पाइंट	= १ क्वार्ट
४ क्वार्ट	= १ गॅलन
२३१ घन इंच	= १ गॅलन
३१ $\frac{1}{4}$ गॅलन	= १ बॅरल (पिंप)
१ द्रव क्वार्ट	= ५७.७ घन इंच

कोरडे पदार्थ मोजण्याची मापे (अमेरिका)

२ पाइंट	= १ क्वार्ट
८ क्वार्ट	= १ पेक
४ पेक	= १ बुशेल
३२ क्वार्ट	= १ बुशेल
२१५०.१४ घन इंच	= १ बुशेल

द्रव व कोरडे पदार्थ मोजण्याची मापे (ब्रिटिश)

२ पाइंट	= १ क्वार्ट
४ क्वार्ट	= १ गॅलन
२ गॅलन	= १ पेक
४ पेक	= १ बुशेल
८ बुशेल	= १ क्वार्टर
१ क्वार्टर	= ६९.३१८ घन इंच

१ गॅलन	= २७७.२७४ घन इंच
--------	------------------

घरगुती मापे

१ चहाचा चमचा	= ५ घन सेंटीमीटर
३ चहाचे चमचे	= १ मोठा चमचा (टेबल स्पून)

१६ मोठे चमचे	= १ कप
२ कप	= १ पाइंट

इतर

१ अमेरिकन गॅलन पाण्याचे वजन	८°३३ पौंड
१ ब्रिटिश गॅलन पाण्याचे वजन	१० पौंड
१ घन फूट पाण्याचे वजन	६२.३ पौंड
१ मिलियन म्हणजे	दशलक्ष
१ ब्रिटिश बिलियन म्हणजे	१ दशलक्ष मिलियन.
१ अमेरिकन बिलियन म्हणजे	१ हजार मिलियन
१ ब्रिटिश ट्रिलियन म्हणजे	१ दशलक्ष बिलियन
१ अमेरिकन ट्रिलियन म्हणजे	१ हजार बिलियन
१ अमेरिकन ट्रिलियन म्हणजे	१ ब्रिटिश बिलियन

मेट्रिक पद्धती

लांबी-रुंदीची मापे

१० मिलिमीटर	= १ सेंटीमीटर
१० सेंटीमीटर	= १ डेसीमीटर
१० डेसीमीटर	= १ मीटर
१० मीटर	= १ डेकॅमीटर
१० डेकॅमीटर	= १ हेक्टोमीटर
१० हेक्टोमीटर	= १ किलोमीटर
१० किलोमीटर	= १ मिरियामीटर

क्षेत्रफळाची मापे

१०० चौ. मिलिमीटर	= १ चौ. सेंटीमीटर
१०० चौ. सेंटीमीटर	= १ चौ. डेसीमीटर
१०० चौ. डेसीमीटर	= १ चौ. मीटर
१०० चौ. मीटर	= १ चौ. डेकॅमीटर
१०० चौ. डेकॅमीटर	= १ चौ. हेक्टोमीटर
१०० चौ. हेक्टोमीटर	= १ चौ. किलोमीटर

घनफळाची मापे

१००० घन मिलिमीटर	= १ घन सेंटीमीटर
------------------	------------------

१००० घन सेंटीमीटर	= १ घन डेसिमीटर
-------------------	-----------------

१००० घन डेसिमीटर	= १ घन मीटर
------------------	-------------

आहार (कॅपॅसिटी) मोजण्याची मापे

१० मिलिमीटर	= १ सेंटीलीटर
१० सेंटीलीटर	= १ डेसीलीटर
१० डेसीलीटर	= १ लीटर
१० लीटर	= १ डेकॅलीटर
१० डेकॅलीटर	= १ हेक्टोलीटर
१० हेक्टोलीटर	= १ किलोलीटर
१ घन सें.	= १ मिलिलीटर

वजन मोजण्याची मापे

१० मिलिग्रॅम्स	= १ सेंटीग्रॅम
१० सेंटीग्रॅम्स	= १ डेसिग्रॅम
१० डेसिग्रॅम्स	= १ ग्रॅम
१० ग्रॅम्स	= १ डेकॅग्रॅम
१० डेकॅग्रॅम्स	= १ हेक्टोग्रॅम
१० हेक्टोग्रॅम	= १ किलोग्रॅम
१००० किलोग्रॅम्स	= १ मेट्रिक टन

वेगवेगळ्या पद्धतीमधील मापाचा परस्परांशी संबंध

१ इंच	= २.५४ सेंटीमीटर	१ सेंटीमीटर	= ०.३९३७ इंच
१ फूट	= ३०.४८ सेंटीमीटर	१ मीटर	= ३९.३७ इंच
१ कार्ट (अमेरिका द्रव)	= ०.९४६४ लीटर	१ लीटर	= १.०५१ कार्ट (अमेरिका - द्रव)
१ कार्ट (अमेरिका घन)	= १.१०१ लीटर	१ लीटर	= ०.९०८१ कार्ट (अमेरिका - घन)
१ कार्ट (ब्रिटिश)	= १.१३५१ लीटर	१ लीटर	= ०.८८०९ कार्ट (ब्रिटिश)
१ पौंड (AV)	= ०.४५३६ किलोग्रॅम	१ किलोग्रॅम	= २.२०५ पौंड

■ युनेस्को - विज्ञान घरातलं, विज्ञान शाळेतलं / २१६ ■

परिशिष्ट आ
तारे आणि ग्रह

१. प्रकाशमान तार्यांची तेजाच्या उतरत्या क्रमाने यादी

तारा	नक्षत्र समूह	उत्तरायणाची अगर दक्षिणायनाची वेळ		दुपारी १२ वाजता
		रात्री ८ वाजता	रात्री १० वाजता	
(अ)	(आ)	महिना	महिना	सूर्याच्या उत्तरेस अगर दक्षिणसेस
		(इ)	(ई)	(उ)
व्याध	बृहत् - श्वान	फेब्रुवारी	जानेवारी	१०° द.
अगस्त्य	आर्गो नौका	फेब्रुवारी	जानेवारी	४०° द.
(आल्फा) मित्र	अश्वमानव	जून	मे	८०° द.
अभिजित	वीणा	ऑगस्ट	जुलै	३०° द.
ब्रह्महृदय	सारथी	जानेवारी	डिसेंबर	७०° उ.
स्वाति	भूतेश	जून	मे	०°
राजन्य	मृग	जानेवारी	डिसेंबर	१०° उ.
सरमा	श्वानक	फेब्रुवारी	जानेवारी	२०° उ.
अग्रनद	यमुना	डिसेंबर	नोव्हेंबर	३०° द.
(बीटा) मित्रक	अश्वमानव	जून	मे	८०° द.
श्रवण	गरुड	सप्टेंबर	ऑगस्ट	१०° उ.
काक्षि	मृग	फेब्रुवारी	जानेवारी	२०° उ.
(आल्फा) त्रिशंकू	त्रिशंकू	मे	एप्रिल	८०° द.
रोहिणी	वृषभ	जानेवारी	डिसेंबर	४०° उ.
प्लव	युग्म राक्षसाचे डोळे	मार्च	फेब्रुवारी	३०° उ.
चित्रा	कन्या	मे	एप्रिल	३०° उ.
ज्येष्ठा	वृश्चिक	जुलै	जून	५०° द.
मत्स्य	मीनास्य	आक्टोबर	सप्टेंबर	२०° द.
हंसपुच्छ	हंस	सप्टेंबर	ऑगस्ट	४०° उ.
मघा	सिंह	एप्रिल	मार्च	०°
(बीटा) त्रिशंकू	त्रिशंकू	मे	एप्रिल	८०° द.
पुनर्वसू	युग्म-राक्षसाचे डोळे	मार्च	फेब्रुवारी	३०° उ.

वरील तक्त्यामध्ये प्रत्येक रकान्यामधील माहितीचा तपशील खालीलप्रमाणे आहे.

(अ) प्रकाशमान तार्यांची तेजाच्या उतरत्या क्रमाने यादी.

(आ) तारा ज्या नक्षत्रसमूहात आढळतो त्याचे नाव.
(राशिचक्रातील नक्षत्रे ठळक अक्षरात आहेत.)

(इ) स्थानिक वेळेप्रमाणे रात्री सुमारे ८ वाजता तो तारा ज्या महिन्यात क्षितिजावर सर्वात उंच ठिकाणी दिसतो त्या महिन्याचे नाव.

(ई) स्थानिक वेळेप्रमाणे रात्री सुमारे १० वाजता तो तारा ज्या महिन्यात क्षितिजावर सर्वात उंच ठिकाणी दिसतो

त्या महिन्याचे नाव.

(उ) 'इ' विभागातील महिन्यामध्ये आकाशात तारा सर्वात उंच ठिकाणी असताना त्याची दिशा व दुपारी बारा वाजता (स्थानिक वेळ) सूर्य आकाशात असतो ती दिशा यांमधील कोन. उदा. जानेवारी महिन्यात रात्री ८ वाजता ब्रह्महृदय हा तारा शोधावयाचा असल्यास प्रथम त्या दिवशी दुपारी बारा वाजता (स्थानिक वेळ) सूर्य जेथे होता, त्या दिशेस पहावे. नंतर तेथून उत्तरेस सुमारे ७०° मधून आपली दृष्टी वळवावी म्हणजे तो तारा दिसेल.

टीप : त्रिशंकू नक्षत्राच्या टोकाशी मित्र व मित्रक हे दोन तारे आहेत. त्यापैकी मित्र हा तारा जास्त दूर आहे. मात्र तो पृथ्वीला सर्वात जास्त जवळ आहे. तरीसुद्धा त्याचा प्रकाश पृथ्वीवर पोचण्यास सुमारे चार वर्षे लागतात.

त्रिशंकू नक्षत्राच्या सभोवती जे चार तारे आहेत त्यापैकी (आल्फा) त्रिशंकू अगदी दक्षिणेला असून (बीटा) त्रिशंकू अगदी पूर्वेला आहे.

युग्म (राक्षसाचे डोळे) नक्षत्रामध्ये पुनर्वसू हा तारा प्लव ताऱ्याच्या उत्तरेस आहे.

२. सूर्यापासून वाढत्या अंतराच्या क्रमाने ग्रहांची यादी

ग्रह	सूर्यापासून अंतर (दश लक्ष मैल)	व्यास (हजार मैल)	एक फेरा पूर्ण करण्यास लागणारा वेळ (वर्षे)
बुध	३६	३.२	०.२४
शुक्र	६७	७.८५	०.६२
पृथ्वी	९३	७.९	१.००
मंगळ	१४२	४.२५	१.८८
गुरू	४८३	८९	११.९
शनि	८८७	७५	२९.५
युरेनस	१,७८५	३१	८४
नेपच्यून	२,७९७	३३	१६५
प्ल्यूटो	३,६७५	४	२४८

दुसऱ्या तक्त्यातील चार रकान्यांमध्ये अनुक्रमे ग्रहांची नावे, त्यांचे सूर्यापासून अंतर, त्यांचा व्यास आणि एक फेरा पूर्ण करण्यास लागणारा वेळ यांची माहिती दिली आहे.

वर्षभरात ताऱ्याप्रमाणे ग्रहांची जागा बदलत असते. त्याप्रमाणे त्यांच्या प्रखरतेतही फरक होत असतो. (विशिष्ट दिवशी आणि वेळी ग्रह आकाशात कोणत्या ठिकाणी दिसतील ते पंचांगावरून अंदाजे सांगता येईल.)

टीप : सूर्योदयापूर्वी किंवा सूर्यास्तानंतर निदान अर्धा तास बुध आकाशात दिसतो. तसेच तीन तास अगोदर किंवा नंतर शुक्र दिसतो.

मंगळ, गुरू आणि शनी हे ग्रह आकाशात नेहमीच प्रामुख्याने दृष्टोत्पत्तीस येतात.

इतर ग्रहांपैकी फक्त युरेनस ताऱ्याप्रमाणे परंतु अंधुक असा दिसतो.

३. दुपारी सूर्य बरोबर डोक्यावर असतो तेव्हाचे अक्षांश आणि तारीख

अक्षांश	तारीख	अक्षांश	तारीख
२३.५° उ.	जून २१°	जून २१	२३.५° द. डिसेंबर २२ २ डिसेंबर २२ २
२३° उ.	जुलै ३	१०	२३
२२° उ.	१२	१	२२ द. १०
२१° उ.	१९	मे	२६ २१ द. १६
			नोव्हेंबर २७

■ युनेस्को - विज्ञान घरातलं, विज्ञान शाळेतलं / २१८ ■

२०° उ.	२४	२१	२०° द.	२१	२२
१९° उ.	२९	१६	१९° द.	२५	१८
१८° उ.	ऑगस्ट २	१२	१८° द.	२९	१४
१७° उ.	६	८	१७° द.	फेब्रुवारी २	१०
१६° उ.	९	५	१६° द.	५	७
१५° उ.	१२	१	१५° द.	९	३
१४° उ.	१६	एप्रिल २८	१४° द.	१२	ऑक्टोबर ३१
१३° उ.	१९	२५	१३° द.	१५	२८
१२° उ.	२२	२२	१२° द.	१७	२५
११° उ.	२५	१९	११° द.	२३	२०
१०° उ.	२८	१६	१०° द.	२६	१७
९° उ.	३१	१३	९° द.	२८	१४
८° उ.	सप्टेंबर २	११	८° द.	२८	१४
७° उ.	५	८	७° द.	मार्च ३	१२
६° उ.	८	५	६° द.	६	९
५° उ.	१०	३	५° द.	११	४
४° उ.	१३	मार्च ३	४° द.	११	४
३° उ.	१६	२९	३° द.	१३	१
२° उ.	१८	२६	२° द.	१६	सप्टेंबर २९
१° उ.	२१ ४	२३ ३	१° द.	१८	२६
विषुववृत्त	२३ ४	२१ ३	विषुववृत्त	२१ ३	२३ ४

१. उत्तरायण २ दक्षिणायन

३ वसंत ऋतू

समरात्रदिन काल

४. शरद ऋतू समरात्रदिन काल

■ युनेस्को - विज्ञान घरातलं, विज्ञान शाळेतलं / २१९ ■

परिशिष्ट इ
मूलद्रव्ये

क्र.	संकेत मूलद्रव्याचे नाव	(अॅटोमिक) (सिंबॉल)	परमाणू परमाणू क्रमांक	परमाणू वजन	क्र.	संकेत मूलद्रव्याचे नाव	(अॅटोमिक) (सिंबॉल)	परमाणू परमाणू क्रमांक	परमाणू वजन
१.	अॅक्टिनीयम	Ac	८९	२२७	३२.	गॅडोलिनियम	Gd	६४	१५६.९
२.	अॅल्युमिनियम	Al	१३	२६.९८	३३.	गॅलियम	Ga	३१	६९.७२
३.	अमेरिकियम	Am	९५	२४३	३४.	जर्मनियम	Ge	३२	७२.६०
४.	अॅन्टिमनी	Sb	५१	१२१.७६	३५.	सोने	Au	७९	१९७.२
५.	आरगॉन	A	१८	३९.९४४	३६.	हॉफ्मियम	Hf	७२	१७८.६
६.	आर्सेनिक	As	३३	७४.९१	३७.	हेलियम	He	२	४.००३
७.	अॅस्टॅटाईन	At	८५	२११	३८.	होलमियम	Ho	६७	६४.९४
८.	बेरियम	Ba	५६	१३७.३६	३९.	हायड्रोजन	H	१	.००८०
९.	बकेलियम	Bk	९७	२४५	४०.	इंडियम	In	९	१४.७६
१०.	बेरिलियम	Be	४	९.०१३	४१.	आयोडीन	I	५३	२६.९२
११.	बिस्मथ	Bi	८३	२०९.००	४२.	इरिडियम	Ir	७७	१९३.१
१२.	बोरॉन	B	५	१०.८२	४३.	लोखंड	Fe	२६	५५.८५
१३.	ब्रोमीन	Br	३५	७९.९१६	४४.	क्रिप्टीन	Kr	३६	८३.८०
१४.	कॅडमियम	Cd	४८	११२.४१	४५.	लॅर्थेनम	La	५७	३८.९२
१५.	कॅल्शियम	Ca	२०	४०.०८	४६.	शिसे	Pb	८२	०७.२१
१६.	कॅलिफोर्नियम	Cf	९८	(२४६)'	४७.	लिथियम	Li	३	६.९४०
१७.	कार्बन	C	६	१२.०.०१०	४८.	ल्युटेसियम	Lu	७१	७४.९९
१८.	सेरियम	Ce	५८	१४०.१३	४९.	मॅग्नेशियम	Mg	१२	२४.१२
१९.	सेसियम	Cs	५५	१३२.९१	५०.	मॅंगनीज	Mn	२५	५४.९३
२०.	क्लोरीन	Cl	१७	३५.४५७	५१.	मेडेलेव्हियम	Me	१०१	(२५६)'
२१.	क्रोमियम	Cr	२४	५२.०१	५२.	पारा	Hg	८०	००.६१
२२.	कोबाल्ट	Co	२७	५८.९४	५३.	मॉलिब्डेनम	Mo	४२	९५.९५
२३.	तांबे (कॉपर)	Cu	२९	६३.५४	५४.	निओडिमियम	Nd	६०	४४.२७
२४.	क्युरियम	Cm	९६	२४४	५५.	निऑन	Ne	१०	०.१८३
२५.	डिस्प्रोसियम	Dy	६६	(२५३)'	५६.	नेपच्युनियम	Np	९३	३७.०७
२६.	आइनस्टाइनियम	E	९९	(२५३)'	५७.	निकेल	Ni	२८	५८.६९
२७.	अर्बियम	Er	६८	१६७.२	५८.	निओबियम	Nb	४१	९२.९१
२८.	युरोपियम	Eu	६३	१५२.०	५९.	नैट्रोजन	N	७	४.००८
२९.	फ्लुओरीन	Fm	१००	(२५४)'	६०.	ऑस्मियम	Os	७६	१९०.२
३०.	फर्मियम	F	९	१९.०००	६१.	ऑक्सिजन	O	८	६.००००
३१.	फ्रँसियम	Fr	८७	२३	६२.	पॅलॅडियम	Pd	४६	१०६.७

६३. फॉस्फरस	P	१५	३०.९७५	८३. स्ट्रॉशियम	Sr	३८	८७.३३
६४. प्लॅटिनम	Pt	७८	१९५.२३	८४. सल्फर	S	१६	३२.०६६
६५. प्लॅटोनियम	Pu	९४	२३९.०८	८५. टँटलम	Ta	७३	१८०.८८
६६. पोलोनियम	Po	८४	२१०	८६. टेक्नेशियम	Te	४३	९९
६७. पोटेशियम	K	१९	३९.१००	८७. टेलुरियम	Te	५२	१२७.६१
६८. प्रसेओडिमियम	Pr	५९	१४०.९२	८८. टर्बियम	Tb	६५	१५९.२
६९. प्रोमथियम	Pm	६१	१४५	८९. थलियम	Tl	९०	२३२.१२
७०. प्रोटोअॅक्टिनियम	Pa	९१	२३१	९०. धुलियम	Tm	६९	१६९.४
७१. रेडियम	Ra	८८	२२६.०५	९१. थोरियम	Th	९०	२३२.१२
७२. रॅडॉन	Rn	८६	२२२	९२. कथिल	Sn	५०	११८.७०
७३. र्हेनियम	Re	७५	१८६.३१	९३. टिटॅनियम	Ti	२२	४७.९०
७४. र्होडियम	Rh	४५	१०२.९१	९४. टंगस्टन	W	७४	१८३.९२
७५. रुबिडियम	Ru	३७	८५.४८	९५. युरेनियम	U	९२	२३८.०७
७६. रुथेनियम	Ru	४४	१०१.७	९६. व्हॅनेडियम	V	२३	५०.९५
७७. सामारियम	Sm	६२	१५०.४३	९७. झेनॉन	Xe	५४	१३१.३
७८. स्कॅंडियम	Sc	२१	४४.९६	९८. टर्बियम	Yb	७०	१७३.०४
७९. सेलेनियम	Se	३४	७८.९६	९९. युट्रियम	Y	३९	८८.९२
८०. रुपे	Ag	४७	०७.८८०	१००. जस्त	Zn	३०	६५.३८
८१. सिलिकॉन	Si	१४	२८.०९	१०१. झिर्कोनियम	Zr	४०	९१.२२
८२. सोडियम	Na	११	२२.९९७				

१. या मूलद्रव्यांची परमाणू वजने अद्याप निश्चित झालेली नाहीत. वेगवेगळ्या शास्त्रीय पुस्तकांच्या आधारे ही वजने निश्चित केली पाहिजेत.

परिशिष्ट ई

खडक आणि खनिजे (मिनरल्स)

खनिज म्हणजे निसर्गात सापडणारा निरिंद्रिय (अप्राणिज) पदार्थ होय. त्याची रासायनिक घटना बहुतांशी ठरावीक कायम असते. तसेच प्राकृतिक गुणधर्मही ठरावीक असतात.

धातुखनिज (ओअर) म्हणजे एक प्रकारचा खडक किंवा खनिजच असतो. त्यामध्ये एक किंवा अनेक धातूंचे प्रमाण पुरेसे असले तर खाणकाम करणे फायद्याचे ठरते. खनिजामधील धातूंचे प्रमाण वेगवेगळे असते. काहीमध्ये लोखंड व शिशाचे प्रमाण जवळ जवळ ५० ते ७५ टक्के असते. या उलट एक टन वजनाच्या खडकांमध्ये एक औंस सोने असले तरी तो सुवर्ण खनिज उत्तम प्रकारचा मानला जातो. खनिजामध्ये धातू शुद्ध स्थितीत क्वचितच सापडतात. पुष्कळ मौल्यवान खनिजांमध्ये धातूचे ऑक्साइड्स, सल्फाइड्स किंवा कार्बोनेट्स सापडतात.

खनिजांचे परीक्षण

खनिजे त्यांच्या वैशिष्ट्यावरून किंवा काही ठरावीक गुणधर्मांवरून ओळखता येतात. काही सहज ओळखू येतात, तर काहींचे बारकाईने निरीक्षण करावे लागते. काहींच्या बाबतीत रासायनिक पृथक्करणही करावे लागते. खनिजांचे गुणधर्म पुढीलप्रमाणे आढळून येतात.

१. काही खनिजांचा रंग ठरावीक असतो. उदा. अँझुराइटचा रंग गडद निळा असतो. मात्र कार्टझसारखी काही खनिजे वेगवेगळ्या रंगांत आढळतात.

२. चिनी मातीच्या खरबरीत फरशीवर खनिज घासला असता त्याच्या रंगासारखी खनिजरेषा (स्ट्रीक) फरशीवर उपटते. उदा. ग्रॅफाइट - काळी रेषा, हेमॅटाइट - तांबूस उदी रेषा, मॅलाकाइट - फिकट हिरवी रेषा.

३. काही खनिजे फ्रेडली असता गुळगुळीत सपाटपृष्ठभागाचे तुकडे मिळतात. कारण त्यात सूक्ष्म भेगा किंवा शिरा असतात. उदा. गॅलेना तीन पातळीत भेगाळतो. ह्या पातळ्या एकमेकांशी कटक्टेम करतात. त्यामुळे गॅलेनाच्या मोठ्या तुकड्यापासून अनेक घनाकृती लहान तुकडे मिळू शकतात.

४. कोणताही खनिज ज्या प्रकारचा प्रकाशकिरण परावर्तित करतो, तसे त्याचे तेज (लस्टर) असते. काही खनिजांचे तेज धातूप्रमाणे असते. हिऱ्याचे तेज सर्वात प्रखर असते. त्यास हिऱ्याचे तेज (अँडामॅटाइन) असे

म्हणतात. क्रायसोलाइटचे (ज्यापासून अँसबेस्टॉस मिळतो) तेच रेशमासारखे असते. केओलीनचे (चिकणमातीचा कठीण प्रकार) तेज मंद असते.

५. खनिजांचा कठीणपणा १ ते १० अशा मापात ठरविला जातो. संगजिऱ्यावर नखाने ओरखडा काढता येतो. कठीण असून त्याचा कठीणपणा १० धरला जातो. नखाने सुमारे २॥ पर्यंत कठीणपणा अजमाविला जातो, तर चाकूच्या पात्याने ५॥ पर्यंत मोजता येतो. कठीणपणा लक्षात घेऊन खनिजांची एक क्रमवार प्रमाणभूत यादी खाली दिली आहे. तिचा उपयोग करून इतर खनिजांच्या कठीणपणाचा तुलनात्मक अभ्यास करता येईल. मात्र कठीणपणा अजमाविताना विशेष खबरदारी घेतली पाहिजे. एका खनिजाने दुसऱ्यावर ओरखडा ओढला तर तो पुसला जाता कामा नये. तसा पुसला गेला तर कठीण खनिजावर मऊ खनिजाचा भुगा झाला असा अर्थ होईल.

१. संगजिरे
२. शिरगोळा (जिप्सम)
३. खडू (कॅल्साइट)
४. चित्रखनिज (फ्ल्युओराइट)
५. अँपॅटाईट
६. चंद्रकांत (आर्थोक्लेस फेल्डस्पार)
७. काचमणी (कार्टझ)
८. पीतस्फटिक (टोपॅझ)
९. कुरंदाचा दगड (कोरंडम)
१०. हिरा

६. एक घन इंच पदार्थ (किंवा घनफळाचे दुसरे कोणतेही प्रमाणभूत माप) एक घन इंच पाण्यापेक्षा जितके पट जड असतो, ती पट दाखविणाऱ्या आकड्यास त्या पदार्थाचे विशिष्ट गुरुत्व (सापेक्ष घनता - स्पेसिफिक ग्रॅव्हिटी) म्हणतात. उदा. एक घन इंच स्फॅलेराइट (जस्ताचा खनिज) एक घन इंच पाण्यापेक्षा चौपट जड आहे. म्हणजे या खनिजाची सापेक्ष घनता ४ आहे असा अर्थ होतो. बहुतेक सर्व खनिजांची सापेक्ष घनता २ ते ४ या दरम्यान असते. द्रव पेट्रोल पाण्यावर तरंगते. त्याची सापेक्ष घनता एकापेक्षा कमी आहे. शुद्ध सोन्याची सापेक्ष घनता १९ आहे.

७. काही खनिजांवर आम्ल टाकले असता फसफसण्याची क्रिया होते. चुनखडी, संगमरवरी दगड किंवा खडूवर लवणाम्लाचे थेंब टाकले तर फसफसण्याची क्रिया होते व बुडबुड्याच्या रूपांत वायू तयार होतो. या गुणधर्माचा उपयोग करून काही खनिजे ओळखता येतात.

८. खनिजांचे स्फटिकाकृती आकार वेगवेगळ्या प्रकारचे असतात. त्यापैकी मुख्यतः चार आकारांचा उल्लेख येथे केला आहे. घनाकृती स्फटिक (गॅलेना व हॅलाईट - मीठ), षट्कोनाकृती स्फटिक (क्वार्ट्झ), अष्टकोनाकृती स्फटिक (पायराइट व हिरा), समभुजाकृती स्फटिक (कॅल्साइट).

खडकाचे प्रकार

दोन किंवा दोनापेक्षा जास्त खनिजांचा मिळून खडक तयार झालेला असतो. मात्र काही खडकांमध्ये एकच प्रकारचा खनिज असतो. काचमणी, चंद्रकांत व अभ्रक मिळून ग्रॅनाइट हा खडक तयार झालेला असतो. या उलट वाळूचा दगड व क्वार्ट्झाइट त्या खडकामध्ये मुख्यतः काचमणी हा एकच खनिज असतो. चुनखडी व संगमरवरी दगडांमध्ये मुख्यतः चुनाच असतो. खनिजांची रासायनिक घटना ठरावीक असते. खडकांची मात्र तशी नसते.

खडकांचे अग्निजन्य (इग्निअस), स्तरित (सेडिमेंटरी) व रूपांतरित (मेटमॉर्फिक) असे तीन प्रकार आहेत.

ज्वालामुखी पर्वतामधून बाहेर आलेला लाव्हा रस थंड होऊन घट्ट झाला म्हणजे अग्निजन्य खडक तयार होतात.

उदाहरणे :

१. ग्रॅनाइट खडक : तांबडा किंवा करडा रंग, मुख्यतः काचमणी, चंद्रकांत व अभ्रक हे खनिज असतात. खनिजामधील स्फटिकपणामुळे हा खडक ठिपकेदार दिसतो.

२. बेसाल्ट खडक : गडद हिरवट काळसर रंग, वाफेमुळे लहान खळगे पडलेले असतात, घनस्थितीमधील लाव्हा रसाचे सामान्य स्वरूप.

३. ऑब्सिडियन खडक : लाव्हा रसातील काचेसारखा पदार्थ, काळा, तांबूस, हिरवा इत्यादी रंग.

४. प्युमिस खडक : पांढरा व करडा रंग, सच्छिद्र, पाण्यावर तरंगतो.

५. स्कोरिया : काळा, करडा, गडद, तांबडा, जळलेल्या कोळशासारखा दिसतो.

पाण्यामुळे एकावर एक थर बसून स्तरित खडक तयार

होतात. उदाहरणे :

१. चुनखडी : पांढरा-करडा रंग, चुन्याचे व खडूचे प्रमाण जास्त, काहींमध्ये सागरी प्राण्यांची निखातके (फॉसिल्स) सापडतात. आम्ल टाकले असता फसफसण्याची क्रिया होते. यामध्ये लोखंडाच्या ऑक्साइडचे प्रमाण जास्त असले तर त्याचा रंग पिवळसर तांबूस होतो.

२. वाळूचा दगड : करडा किंवा तांबडा रंग, काचमण्याचे प्रमाण जास्त असते, वाळूचे कण स्पष्ट दिसतात.

३. शेल (स्लेट पाटीसारखा दगड) : गडद करडा, काळा, तांबडा, थरांच्या रूपात फोडता येतो, ओला असता चिकण मातीसारखा वास येतो; या प्रकारचा तेलकट दगड काळा असतो.

४. ज्वालाग्रही कोळसा : काळा रंग, मुख्यतः कोळसा व त्याचे संयुक्त पदार्थ यांनी बनलेला असतो, इतर काही पदार्थ (कठीण शेल) मिसळलेले असतात.

५. कांग्लोमेरेट : वाटोळे दगड (गारगोट्या) एकत्र चिकटलेले असतात.

पृथ्वीच्या पोटातील खडकावर दाबाचा आणि उष्णतेचा परिणाम होऊन रूपांतरित खडक तयार होतात. उदाहरणे :

१. जंबूर खडक (नीस) : ग्रॅनाइट खडकाचे रूपांतरित स्वरूप, काचमणी, चंद्रकांत व अभ्रक या खनिजांचे थर या प्रकारात आढळतात. अभ्रक पांढऱ्या (मस्कोव्हाइट) किंवा काळ्या रंगाचा (बायोटाइट) असतो.

२. संगमरवरी दगड : चुनखडीचे रूपांतरित स्वरूप, वेगवेगळे रंग असतात, पॉलिश केले असता दगड सुंदर दिसतो, यावर आम्ल टाकले असता फसफसण्याची क्रिया होते.

३. क्वार्ट्झाइट : वाळूच्या दगडाचे रूपांतरित स्वरूप, पुष्कळच कठीण व एकसंध दगड, करडा किंवा तांबडा रंग, वाळूचे कण एकमेकांस अगदी घट्ट चिकटलेले असतात.

४. स्लेटचा दगड : शेल खडकाचे रूपांतरित स्वरूप, सामान्यतः काळा रंग, फोडला असता तुकडे थराच्या स्वरूपात मिळतात, शेल खडकापेक्षा कठीण.

५. अँथ्रासाइट : ज्वालाग्रही, कोळशाप्रमाणे ठिसूळ नसून बराच कठीण असतो. जळण म्हणून जास्त चांगला उपयोग होतो.

परिशिष्ट ३
पदार्थांची घनता
(दर घन सेंटीमीटरास ग्रॅम)

अल्कोहोल, ९५%	०.०८०७	संगमरवर	२.५-२.८
अॅल्युमिनियम	२.७	पारा	१३.६
पितळ	८.४	दूध	१.०३
कार्बन टेट्रा-क्लोराइड	१.६	निकल	८.९
कोळसा (अॅश्रासाइट)	१.४-१.८	पॅरॉफिन	०.८२४-०.९४
तांबे	८.९३	प्लॅटिनम	२१.५
गॅसोलीन	०.७५	समुद्रजल	१.०३
काच (पिलट)	३.०-३.६	रुपे	१०.५
काच (क्राऊन)	२.४-२.७	कथिल	७.३
सोने	१९.३	लाकूड-टॅबुरणी	१.२
बर्फ	०.९१७	ओक	०.७-०.९
लोखंड	७.१-७.९	पाईन	०.४-०.६
शिसे	११.४	काष्ठ	१.३३
मॅग्नेशियम	१.७४	जस्त	७.१

दगड, वीट आणि सीमेंट (केट)

अॅगट	२,६१५	रेती	१.६००-१.९२०
अॅस्फास्टम	१.३९०	जिप्सम	२.०८०-२.४००
वीट (मऊ)	१.६००	हॉर्नब्लेड	३.२००-३.५२०
वीट (सर्वसामान्य)	१.७९०	चुना	०.८००-०.८८०
वीट (कठीण)	२.०००	चुनखडी	२.७२०-३.२००
वीट (दाबलेली)	२.१६०	मॅग्नेशिया	२.४००
वीट (भाजलेली)	२.२५०-२.४००	संगमरवर	२.५६०-२.८८०
वीट काम (चुन्यातील)	१.६००	दगडी बांधकाम (कोरडे डबर)	२.२४०-२.५६०
वीट काम (सीमेंटमधील)	१.७९०	दगडी बांधकाम (खांडकी)	२.२४०-२.८८०
सिमेंट (रोझेंडेल)	०.०९६०	मळलेला चुना	१.४४०-१.६००
सिमेंट (पोर्टलँड)	१.२५०	डांबर	१.१५०
चिकणमाती	१.९२०-२.४००	प्लॅस्टर ऑफ पॅरिस	१.१८०-१.२८०
काँक्रीट	१.९२०-२.४००	पोर्सिलेन (चिनी माती)	२.३८०
हिरा	३.५३०	कार्टझ	२.६४०
माती (मोकळी)	१.१५०-१.२८०	वाळू	१.४४०-१.७६०
माती (ठासलेली)	१.४४०-१.७६०	वाळूचा दगड	२.२४०-२.४००
एमरी	४.०००	स्लेटचा दगड	२.७२०-२.८८०
काच (क्राऊन)	२.५२०	शंखजिरे	२.६५०-२.८८०
काच (पिलट)	३.०००-३.६००	काळा दगड	२.७२०-३.४००
काच (ग्रीन)	२.६४०	कौल	१.७६०-१.९२०
ग्रॅनाइट	२.५६०-२.७२०		

परिशिष्ट ऊ
उष्णतेचे नित्यांत

पदार्थ	विशिष्ट उष्णता	वितळण्याचा बिंदू (सें.)	उत्कलन बिंदू (सें.)	लांबीचा प्रसरण गुणक (दर अंशास)
घन पदार्थ				
अॅल्युमिनियम	०.२२	६५८	२२००	०.००००२३
पितळ	०.०९२	९००		०.००००१८९
तांबे	०.०९२	१०८३	२३००	०.००००१६७
काच (साधी)	०.१६	११००		०.००००८५
बर्फ	०.५०	०		
लोखंड	०.१२	१५३०	३०००	०.००००१२
शिसे	०.०३१	३२७	१७५५	०.००००२९
पारा	०.०३३	-३९	३५६.७	
कथिल	०.०५५	२३२	२२६०	०.००००२३
जस्त	०.०९३	४१९	९०७	०.००००२९
द्रव पदार्थ				
अल्कोहोल, एथिल	०.५८	-१३०	७८.३	
ग्लिसरिन	०.५७६	१७	२९०	
रॉकेल	०.५-०६			
पारा	०.०३३		३५७	
सल्फ्युरिक आम्ल	०.३४	१०.५	३३०	
पाणी	१.००		१००	
वायुरूप पदार्थ				
हवा	०.२४		-१९०	
अल्कोहोल	०.४१			
अमोनिया वायू	०.५२	-७८	-३३	
कार्बन-डायॉक्साईड	०.२०	-५६.६	-७९	
हायड्रोजन	३.३८			
नायट्रोजन	०.२५			
प्राणवायू	०.२२			
वाफ	०.४८			

वेगवेगळ्या पद्धतींमधील तपमानांचा परस्परांशी संबंध

	अॅबसोल्यूट	सेंटिग्रेड	फॅरनहैट	रोमर
शून्य उपमान (अॅबसोल्यूट झीरो)	०° अॅ.	-२७३सें.	-४५२° फॅ.	-२१८° रु.
० फॅरनहैट तपमान	२५५° अॅ.	-१८ सें.	०° फॅ.	-१४° रु.
पाण्याचा गोठणबिंदू	२७३° अॅ.	० सें.	३२° फॅ.	०° रु.
पाण्याचा उत्कलन बिंदू	३७३° अॅ.	१०० सें.	२१२° फॅ.	८०° रु.

■ युनेस्को - विज्ञान घरातलं, विज्ञान शाळेतलं / २२५ ■

सेंटिग्रेड तपमानाचे फॅरनहैट तपमानामध्ये रूपांतर

सें.	फॅ.	सें.	फॅ.	सें.	फॅ.	सें.	फॅ.
०	३२	२६	७९	५१	१२४	७६	१६९
१	३४	२७	८१	५२	१२६	७७	१७१
२	३६	२८	८२	५३	१२७	७८	१७२
३	३७	२९	८४	५४	१२९	७९	१७४
४	३९	३०	८६	५५	१३१	८०	१७६
५	४१	३१	८८	५६	१३३	८१	१७८
६	४३	३२	९०	५७	१३५	८२	१८०
७	४५	३३	९१	५८	१३६	८३	१८१
८	४६	३४	९३	५९	१३८	८४	१८३
९	४८	३५	९५	६०	१४०	८५	१८५
१०	५०	३६	९७	६१	१४२	८६	१८७
११	५२	३७	९९	६२	१४४	८७	१८९
१२	५४	३८	१००	६३	१४५	८८	१९०
१३	५५	३९	१०२	६४	१४७	८९	१९२
१४	५७	४०	१०४	६५	१४९	९०	१९४
१५	५९	४१	१०६	६६	१५१	९१	१९६
१६	६१	४२	१०८	६७	१५३	९२	१९८
१७	६३	४३	१०९	६८	१५४	९३	१९९
१८	६४	४४	१११	६९	१५६	९४	२०१
१९	६६	४५	११३	७०	१५८	९५	२०३
२०	६८	४६	११५	७१	१६०	९६	२०५
२१	७०	४७	११७	७२	१६२	९७	२०७
२२	७२	४८	११८	७३	१६३	९८	२०८
२३	७३	४९	१२०	७४	१६५	९९	२१०
२४	७५	५०	१२२	७५	१६७	१००	२१२
२५	७७						

परिशिष्ट ए
सापेक्ष आर्द्रता (शेंकडेवारी) °फॅ.

कोरड्या फुग्यांचे उष्णमान (°फॅ.)	ओल्या फुग्याच्या उष्णमानातील उतार (°फॅ.) (कोरड्या व ओल्या फुग्यांच्या उष्णमानांतील फरक)																				
	१	२	३	४	५	६	७	८	९	१०	११	१२	१३	१४	१५	१६	१७	१८	१९	२०	
१२०	९७	९४	९१	८८	८५	८२	७९	७७	७४	७२	६९	६७	६४	६२	५९	५७	५५	५३	५१	४८	
११८	९७	९४	९१	८८	८५	८२	७९	७६	७४	७१	६९	६६	६३	६१	५९	५६	५४	५२	५०	४८	
११६	९७	९४	९०	८७	८४	८२	७९	७६	७३	७१	६८	६५	६३	६१	५८	५६	५४	५१	४९	४७	
११४	९७	९४	९०	८७	८४	८१	७९	७६	७३	७०	६८	६५	६३	६०	५८	५५	५३	५१	४८	४६	
११२	९७	९४	९०	८७	८४	८१	७८	७५	७३	७०	६७	६५	६२	५९	५७	५५	५२	५०	४८	४६	
११०	९७	९३	९०	८७	८४	८१	७८	७५	७२	६९	६७	६४	६१	५९	५६	५४	५१	४९	४७	४५	
१०८	९७	९३	९०	८७	८४	८१	७८	७५	७२	६९	६६	६३	६१	५८	५६	५३	५१	४९	४६	४४	
१०६	९६	९३	९०	८७	८४	८०	७७	७४	७१	६८	६६	६३	६०	५८	५५	५२	५०	४८	४५	४३	
१०४	९६	९३	९०	८६	८३	८०	७७	७४	७१	६८	६५	६२	६०	५७	५४	५२	४९	४७	४४	४२	
१०२	९६	९३	९०	८६	८३	८०	७७	७३	७०	६७	६५	६२	५९	५६	५४	५१	४८	४६	४३	४१	
१००	९६	९३	८९	८६	८२	७९	७६	७३	७०	६७	६४	६१	५८	५५	५३	५०	४७	४५	४२	४०	
९८	९६	९३	८९	८६	८२	७९	७६	७३	७०	६७	६६	६३	६२	६०	५७	५४	५२	५०	४७	४२	
९६	९६	९३	८९	८६	८२	७९	७६	७२	६९	६६	६३	६०	५७	५४	५२	४९	४६	४४	४१	३९	
९४	९६	९३	८९	८५	८१	७८	७५	७१	६८	६५	६२	५९	५६	५३	५०	४७	४४	४२	४०	३८	
९२	९६	९२	८८	८५	८१	७८	७४	७१	६७	६४	६१	५८	५५	५२	४९	४६	४३	४०	३८	३५	
९०	९६	९२	८८	८४	८१	७७	७४	७०	६७	६३	६०	५७	५४	५१	४८	४५	४२	३९	३६	३४	
८८	९६	९२	८८	८४	८१	७७	७४	७०	६७	६३	६०	५७	५४	५१	४८	४५	४२	३९	३६	३४	
८६	९६	९२	८८	८४	८०	७७	७३	६९	६६	६३	६०	५६	५३	५०	४७	४४	४१	३८	३५	३२	
८४	९६	९२	८८	८४	८०	७६	७२	६९	६५	६२	५८	५५	५२	४९	४५	४२	३९	३६	३३	३१	
८२	९६	९२	८७	८३	७९	७६	७२	६८	६४	६१	५७	५४	५१	४७	४४	४१	३८	३५	३२	२९	
८०	९६	९१	८७	८३	७९	७५	७१	६७	६४	६०	५६	५३	४९	४६	४३	४०	३६	३३	३०	२७	
७८	९६	९१	८७	८३	७९	७५	७०	६६	६३	५९	५५	५२	४८	४५	४१	३८	३५	३१	२८	२५	
७६	९५	९१	८६	८२	७८	७४	७०	६६	६२	५८	५४	५०	४७	४३	४०	३६	३३	३०	२६	२३	
७४	९५	९१	८६	८२	७८	७३	६९	६५	६१	५७	५३	४९	४५	४२	३८	३४	३१	२८	२४	२१	
७२	९५	९०	८६	८१	७७	७२	६८	६४	६०	५६	५२	४८	४४	४०	३६	३३	२९	२६	२८	१९	
७०	९५	९०	८५	८०	७६	७१	६७	६३	५८	५४	५०	४६	४२	३८	३४	३०	२६	२३	२०	१६	
६८	९५	९०	८५	८०	७६	७१	६७	६३	५८	५४	५०	४६	४२	३८	३४	३०	२६	२३	२०	१६	
६६	९५	९०	८५	८०	७६	७१	६७	६३	५८	५४	५०	४६	४२	३८	३४	३०	२६	२३	२०	१६	
६४	९४	८९	८३	७८	७३	६८	६३	५८	५३	४८	४३	३९	३४	३०	२५	२१	१७	१३	९	५	
६२	९४	८८	८३	७७	७२	६७	६१	५६	५१	४६	४१	३७	३२	२७	२३	१८	१४	१०	५		
६०	९४	८८	८२	७७	७१	६५	६०	५५	५०	४४	३९	३४	२९	२५	२०	१५	११	६	२		
५८	९४	८८	८२	७७	७१	६५	६०	५५	५०	४४	३९	३४	२९	२५	२१	१७	१२	७	२		
५६	९४	८७	८१	७५	६९	६३	५७	५१	४६	४०	३५	२९	२४	१९	१३	८	३				
५४	९३	८७	८०	७४	६८	६१	५५	४९	४३	३८	३२	२६	२१	१५	१०	५					
५२	९३	८६	७९	७३	६६	६०	५४	४७	४१	३५	२९	२३	१७	१२	६						
५०	९३	८६	७९	७२	६५	५९	५२	४५	३८	३२	२६	२०	१४	८	२						
४८	९२	८६	७९	७२	६५	५९	५२	४५	३८	३२	२६	२०	१४	८	२						
४६	९२	८४	७७	६९	६२	५४	४७	४०	३३	२६	१९	१२	६								
४४	९२	८४	७५	६८	६०	५२	४५	३७	२९	२२	१५	८									
४२	९१	८३	७४	६६	५८	५०	४२	३४	२६	१८											
४०	९१	८२	७३	६५	५६	४७	३९	३०													
३८	९५	३३	३०	२८	३५																

सूचना:

या कोष्टकांत दंर्वाबिंदूचे आकडे ठळक टाईपांत दिले आहेत.

सापेक्ष आर्द्रता (शेकडेवारी) — °सें

कोरड्या फुग्याचें उष्णमान (°सें)	कोरड्या व ओल्या फुग्याच्या उष्णमानांतील फरक (°सें.)															
	१	२	३	४	५	६	७	८	९	१०	१२	१४	१६	१८	२०	
५०	९४	८९	८४	७९	७४	७०	६५	६१	५७	५३	४६	४०	३३	२८	२२	
४५	९४	८८	८३	७८	७३	६८	६३	५९	५५	५१	४२	३५	२८	२२	१६	
४०	९३	८८	८२	७७	७१	६५	६१	५६	५२	४७	३८	३१	२३	१६	१०	
३५	९३	८७	८०	७५	६८	६२	५७	५२	४७	४२	३३	२४	१६	८		
३०	९२	८६	७८	७२	६५	५९	५३	४७	४१	३६	२६	१६	८			
२५	९१	८४	७६	६९	६१	५४	४७	४१	३५	२९	१७	६				
२०	९०	८१	७३	६४	५६	४७	४०	३२	२६	१८	५					
१५	८९	७९	६८	५९	४९	३९	३०	२१	१२	४						
१०	८७	७५	६२	५१	३८	२७	१७	५								

परिशिष्ट ऐ

ग्रीक मुळाक्षरे

आल्फा	(a)	.	.	.	.	.	A α	न्यू	(n)	.	.	.	.	.	N ν
बीटा	(b)	.	.	.	.	.	B β	क्साय	(x)	.	.	.	.	.	Ξ ξ
गॅमा	(g)	.	.	.	.	.	Γ γ	ओमीक्रॉन	(o)	.	.	.	.	.	O ο
डेल्टा	(d)	.	.	.	.	.	Δ δ or δ	पाय	(p)	.	.	.	.	.	Π π
एप्सिलॉन	(e)	.	.	.	.	.	E ε	हो	(r)	.	.	.	.	.	P ρ
झीटा	(z)	.	.	.	.	.	Z ζ	सिग्मा	(s)	.	.	.	.	.	Σ σ or ς
ईटा	(h)	.	.	.	.	.	H η	टाव	(t)	.	.	.	.	.	T τ
थीटा	(th)	.	.	.	.	.	Θ θ	युप्सिलॉन	(u)	.	.	.	.	.	Υ υ
आयोटा	(i)	.	.	.	.	.	I ι	फाय	(ph)	.	.	.	.	.	Φ φ or ϕ
कॅप्पा	(k)	.	.	.	.	.	K κ	चाय	(eh)	.	.	.	.	.	X χ
लॅम्ब्डा	(l)	.	.	.	.	.	Λ λ	प्साय	(ps)	.	.	.	.	.	Ψ ψ
म्यू	(m)	.	.	.	.	.	M μ	ओमेगा	(o)	.	.	.	.	.	Ω ω

